

## Voiteluhuollon kehittäminen

Alex Aalto

Teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisalan opinnäytetyö  
Konetekniikka  
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Kittilän kaivokselle 12.5-5.12.2014 välisenä aikana. Haluan kiittää Kittilän kaivoksen Kai Mäkimarttia ja muita henkilöitä, jotka ovat auttaneet omalla tavallaan projektin edistymisessä. Haluan myös kiittää Kil-Yhtiöitten Kimmo Leolaa ohjeistuksesta.

Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri

---

<b>Tekijä</b>	Alex Aalto	<b>Vuosi</b>	2014
<b>Ohjaaja</b>	Aslak Siimes		
<b>Toimeksiantaja</b>	Agnico Eagle Finland		
<b>Työn nimi</b>	Voiteluhuollon kehittäminen		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	49 + 14		

---

Opinnäytetyö on tehty Agnico Eagle Finland Oy:n toimeksiannosta Kittilän kaivokselle. Työni tarkoituksena oli luoda laitekohtaiset öljyn näytteenotto-ohjeet sekä ohjeet öljyn kunnan seuraamiseen ja valvontaan. Uusien ohjeiden avulla pyritään minimoimaan mahdolliset seisokkiajat ja pidentämään laitteiden elinikää. Kullekin laitteelle räätälöitiin erillinen näytteenotto-ohje laitetyypin mukaan.

Työhöni sisältyy myös sarja työohjeita, joiden tarkoituksena on ohjeistaa kunnossapitohenkilöstöä öljyn huollossa ja kunnossapidossa. Kahdeksan erilaista ohjetta sisältää seuraavat luvut: öljyn hankinta, öljyn varastointi, voiteluöljyn käytönaikainen puhdistus, voiteluaineen puhtaus ja analyysit, toimenpiteet analyysien perusteella, raporttien tulkintaohje, puhtausarvojen saavuttaminen ja järjestelmän huuhtelu. Luodessani ohjetta ”puhtausarvojen saavuttaminen” sain tehtäväkseni valita oikeanlaiset huohottimet kaikille laitteille. Huohottimien standardisointi on yksi osa kunnossapidon tavoitteita, jossa yhdenmukainen lisälaittevalikoima helpottaa ennakoivaa kunnossapitoa.

Rikastamolla ja pastalaitoksella sijaitsee lukuisia vaihdelaatikoita ja hydraulikoneikoita, joiden öljyn kuntoa pyritään seuraamaan. Aloitin työskentelyn kartoittamalla kaikki vaihdelaatikat, hydraulikoneikot ja voiteluyksiköt, joiden öljykapasiteetti ylittää 45 litraa. Kaivoksen laiteluettelosta etsimällä ja piirustuksia tarkastelemalla voitiin kartoitus aloittaa. Näytteenotto-ohjeita kertyi yhteensä 24, joista jokainen on tarkoitettu nimetylle laitteelle.

Työ rajoittuu kaivosalueen maan päällisiin toimintoihin, rikastamoon ja pastalaitokseen. Opinnäytetyössä tarkastellaan myös voiteluaineiden perusteita, ominaisuuksia sekä kunnossapidon teoriaa.

School of Machine and production  
technology  
Engineer

---

<b>Author</b>	Alex Aalto	<b>Year</b>	2014
<b>Supervisor(s)</b>	Aslak Siimes		
<b>Commissioned by</b>	Agnico Eagle Finland		
<b>Subject of thesis</b>	Improvement of lubrication maintenance		
<b>Number of pages</b>	49 + 14		

---

This final study is commissioned by Agnico Eagle Finland for Kittilä mine. The objective of the study was to make oil sampling instructions and monitoring oil condition. The aim of the new instructions is to minimize potential downtime and to elongate machines' lifespan. The oil sampling instructions were tailored for every individual device.

The work includes a set of instructions whose purpose is to instruct the maintenance personnel on oil service and maintenance. Eight different kinds of instructions were made which include chapters as follows: oil purchase, oil storage, oil purification during usage, actions following oil analysis, understanding oil report, gaining oil pureness level and flushing. Along with the creation of "gaining oil pureness level" instruction manual, a task was given to choose appropriate kinds of breathers for every single device. The standardization of breathers is part of proactive maintenance goals where a consistent range of accessories simplifies proactive maintenance.

At the enrichment plant, crushing facility and paste backfill plant there are numerous gearboxes and hydraulic apparatuses of which oil condition is to be monitored. I started the task by finding out every single gearbox, hydraulic apparatuses and lubrication units which held the capacity over 45 liters of oil or more. By looking from the mine equipment list and examining the blueprints the categorizing could be started. The whole material consists of 24 oil sampling instructions, where an individual device is named and targeted for.

The study is limited to surface based mine areas such as the enrichment plant, crushing facility and the paste backfill plant. The final study includes basics and characteristics of lubrication and some theory of maintenance.

**Key words** oil, enrichment plant, lubrication, maintenance

# Sisällys

ALKUSANAT.....	2
TERMINOLOGIA .....	7
1. JOHDANTO .....	8
2. AGNICO EAGLE MINES LTD .....	9
3. TOIMINTAYMPÄRISTÖ .....	11
3.1. Murskaamo.....	11
3.2. Rikastamo .....	12
4. TUTKIMUSKOhteet .....	14
4.1. Vaihdelaatikot.....	14
4.2. Hydraulikkajärjestelmät.....	14
5. KUNNOSSAPITO .....	16
5.1. Kunnossapidon määritelmät .....	16
5.2. Tavoitteet .....	17
6. TRIBOLOGIA .....	20
6.1. Kahden pinnan vuorovaikutus.....	20
6.2. Voitelumekanismit.....	21
6.3. Viskositeetti ja viskositeetti-indeksi .....	24
6.4. Voiteluöljyjen ominaisuudet.....	25
6.5. Lämpötilat ja lisäaineet.....	26
7. VOITELUAINeET .....	28
8. ÖLJYANALYYSI .....	31
8.1. Näytteenoton huomioita .....	31
8.2. Näytteenotto .....	33
8.2.1. Näytteenoton prosessi .....	35
8.2.2. Öljynäytteenoton työvälineet.....	37
9. RAJA-ARVOT.....	38
9.1. Hydraulioöljy.....	38
9.2. Toimenpiteet analyysien perusteella .....	39
9.2.1. Epäpuhtaustaso korkea .....	39
9.2.2. Kosteus ja öljymolekyylit .....	39
10. TEHDASSTANDARDI .....	42
10.1. Kunnossapidon esimiehet.....	42
10.2. Asentajien ohjeet.....	43
10.3. Huohottimien standardisointi .....	44

10.4.	Kunnon seurantastandardi .....	45
11.	POHDINTA.....	46
12.	LÄHTEET .....	48
13.	LIITTEET .....	49

## TERMINOLOGIA

CCD	Vastavirtapesuri ("Counter current decantation")
CIL	Hiili uutteessa ("Carbon in leach")
SAG- mylly	Semiautogeeninen jauhatusmylly
Sykloni	Syklonikartiossa neste saatetaan voimakkaaseen pyörimisliikkeeseen, jossa keskipakoisvoima erottaa suuret partikkelit kartion reunoille.
Täryvälppä	Materiaalin erottelukone
Autoklaavi	Painereaktori
INCO	Syanidin tuhoamisprosessi
SFS	Suomen standardisoimisliitto
PSK	PSK- standardisointiyhdistys ry
Tribologia	Tekniikan tutkimusalue, jossa tarkastellaan kosketuspintojen kitkaan ja kulumiseen liittyviä ilmiöitä
EP	Voiteluöljyn lisäaine, joka kasvattaa öljyn kuormankantokykyä
Membran	Suodatinpaperi
"μ"	Mikroni (esim 3μ, joka ilmoittaa suodatustarkkuuden)
Sakeutin	Järjestelmä, jolla erotetaan nesteet ja kiinteä aines

## 1. JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Agnico Eagle Finlandin Kittilän kaivokselle. Työn tarkoituksena on luoda laitekohtainen öljyn näytteenotto-ohje. Rikastamolla ja pastalaitoksella sijaitsee lukuisia vaihdelaatikoita ja hydraulikkakoneita, joiden öljyn kuntoa pyritään seuraamaan. Öljyn näytteenotto-ohjeen avulla pyritään minimoimaan mahdolliset seisokkiajat ja pidentämään laitteiden elinikää. Kullekin laitteelle räätälöitiin erillinen näytteenotto-ohje laitetyypin mukaan. Työhön kuuluu myös laiteluettelon päivitys menneillään olevan rikastamon laajennuksen takia.

Aloitin työskentelyn kartoittamalla kaikki vaihdelaatikat, hydraulikkakoneet ja voiteluyksiköt, joiden öljykapasiteetti ylittää 45 litraa. Kaivoksen laiteluettelosta etsimällä ja piirustuksia tarkastelemalla voitiin kartoitus aloittaa. Positioperusteisesti lajitellen laitteet voitiin kategorisoida yhdenmukaiseksi työkaluksi. Tämän jälkeen selvitin laitteiden valmistajat, mallit ja öljykapasiteetit yhdessä käytössä olevien öljylaatujen kanssa. Ennen kokeellista öljynäytekeräystä numeroitiin laitteet fyysisen sijaintinsa perusteella mikä tekee näytekeräyksestä mutkattoman. Öljykeräyksen ohessa laitteista otettiin valokuvat helpottamaan näytteenotto-ohjeen tekoa.

Asentajille ja esimiehille on luotu sarja ohjeita, jotka käsittelevät öljyn kunnon seuranta, varastointia sekä ennakkohuoltoon liittyviä jatkotoimenpiteitä. Sarja sisältää 8 erilaista ohjetta.

Työ rajoittuu kaivosalueen pintalaitoksiin, murskaamoon, rikastamoon ja pastalaitokseen. Työssä käsitellään öljyn näytteenotto-ohjeen tekoa ja siihen vaadittavia toimenpiteitä.



## 2. AGNICO EAGLE MINES LTD

Agnico Eagle Mining Limited on kanadalainen, yksi maailman suurimmista kullankaivuuseen keskittyneistä yrityksistä. Agnico Eagle sai nimensä, kun 1972 Agnico Mining Limited yhdistyi Eagle Mining Limitedin kanssa. Nykyään Agnico Eaglella on seitsemän eri kaivosta kolmessa eri maassa Kanadassa, Suomessa sekä Meksikossa. Yhtiö harjoittaa myös aktiivista malminetsintää Yhdysvalloissa sekä muissa pohjoismaissa. Agnico Eagle Minesin liikevaihto vuonna 2013 oli 1638,3 m\$. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Torontossa, Kanadassa. (Agnico Eaglen www- sivut 2014, Hakupäivä 4.8.2014;Agnico Eaglen sisäinen Powerpoint-yleisesittely 2014, hakupäivä 8.8.2014.)

Kittilän suurkuusikon kultaesiintymä löytyi jo vuonna 1986, mutta vasta vuonna 2008 alkoi avolouhostoiminta. Rikastamo valmistui vuoden 2008 lopussa. Sen omistaja on Agnico Eagle Finland, joka on Agnico Eagle Mines Limitedin tytäryhtiö. Kittilän kaivos (kuva 1) on Euroopan suurin kultakaivos ja työllistää n. 400 henkilöä ja useita aliurakoitsijoita. Kittilän kaivoksen vuoden 2013 liikevaihto oli n.190 miljoonaa euroa ja kultaa tuotettiin n.146000 unssia. Kittilän kaivoksen malmivarat on arvioitu riittävän vuoteen 2034. Kaivoksen maan pinnalla sijaitseviin tuotantolaitoksiin kuuluu murskaamo, rikastamo, ja pastalaitos.(Agnico Eaglen sisäinen Powerpoint-yleisesittely 2014, Hakupäivä 8.8.2014.)

Vuonna 2013 aloitettiin rikastamon laajennus. Tarkoituksena on lisätä nykyistä tuotantokapasiteettia 3000 tonnista 3750 tonniin vuorokaudessa. Laajennus valmistuu vuonna 2015. Kaivoksen pintalaitokset työllistävät suuren osan kaivoksen työntekijöistä ja aliurakoitsijoista. Lisäksi alueella sijaitsee hallintorakennukset, kunnossapitohallit ja varastot. (Agnico Eaglen sisäinen Powerpoint-yleisesittely 2014, Hakupäivä 8.8.2014.)



Kuva 1 Ilmakuva Kittilän kaivoksesta (Agnico Eaglen sisäinen Powerpoint yleisesittely 2014, Hakupäivä 9.11.2014.)

Kaavio 1 Murskaamon virtauskaavio. (Kaivoksen sisäiset www-sivut 2014, Hakupäivä 8.8.2014.)

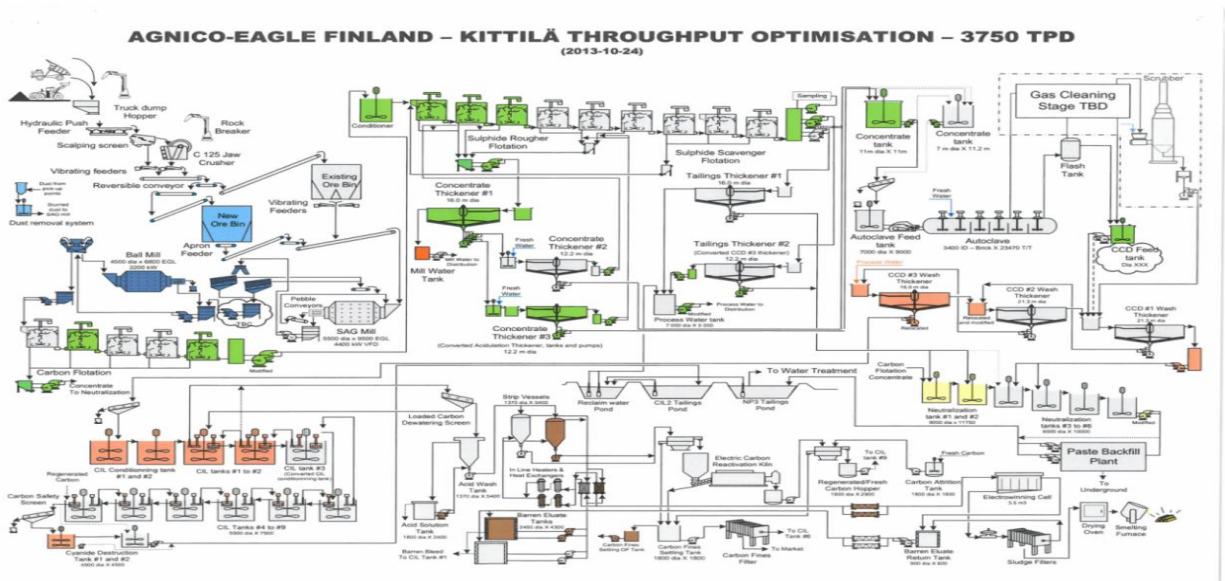
### 3.2. Rikastamo

Murskattu malmi johdetaan ensin suureen 5.5MW SAG myllyyn. Mylly jauhaa kiviaineksen pienemmäksi. Riittävän jauhatuksen jälkeen aines siirtyy aivan myllyn päähän rumpuseulalle. Rumpuseulalta liian suuri kiviaines päätyy palakuljettimelle uudelleenjauhatusta varten. Rumpuseulan alla sijaitsevasta kaukalosta jauhettu kiviaines siirtyy pumppujen kautta täryseuloille, josta kiviaines jatkaa joko syklonille tai sitten takaisin SAG myllyyn. Sykloni syöttää pienempää 2.2MW kuulamylyä, joka jauhaa kiviaineksen vieläkin hienommaksi. Kiviaineksen haluttu raekoko on noin 75 % alle 75µm.

Jauhatuksen jälkeen seuraa kaksivaiheinen vaahdotusprosessi hiilivaahdotus ja sulfidivaahdotus. Hiilivaahdotuksen tarkoitus on poistaa rikasteesta orgaanista hiiltä. Neutralointiprosessiin johdetaan hiilivaahdotuksen ylite ja sulfidivaahdotuksen alite. Neutralointiprosessin tarkoituksena on saostaa raskasmetallit hydroksidiksi. Neutralointiprosessissa pH nostetaan kalkin avulla haluttuun pH:een. Tavoitteena on saada kaikki hiili poistettua, sillä se heikentää kullan saantia myöhemmissä prosessivaiheissa. Sulfidivaahdotuksen tarkoitus on erottaa halutut sulfidimineraalit, joissa kulta on sitoutuneena. Vaahdotusprosessien jälkeen rikaste pestään kolmessa sarjaan liitettyssä rikaste sakeuttimessa. Sakeuttimien tehtävänä on nostaa lietteen kiintoainepitoisuutta. Pesulla varmistetaan, että liennut kloori on poistettu ennen autoklaavikäsittelyä. Rikastesakeuttimilta rikaste pumpataan rikasteen varastosäiliöihin, jonka jälkeen rikaste pumpataan autoklaavin syöttösäiliölle ja autoklaaville. Autoklaavin tehtävä on hapettaa sulfidimineraalit 25 bar:in paineessa ja n. 200 asteen lämpötilassa. Autoklaavikäsittelyn jälkeen liete pumpataan kolmen CCD sakeuttimen läpi, jossa rikasteen kiintoainepitoisuus nostetaan halutuksi ja rikaste pestään vastapirtaperiaatteella ennen syanidiliuotusta. Sakeuttimien jälkeen rikaste siirtyy CIL-valmentimille, jossa lietteen pH nostetaan haluttuun arvoon. CIL-liuotuspiirissä kulta liuotetaan syanidin avulla, jonka seurauksena muodostuu kulta-syanidi kompleksi.

Aktiivihiili annostellaan CIL-liuotuspiiriin vastavirtaan, jolloin aktiivihiili kiinnittyy kulta-syanidi kompleksiin. Liuotustankista aktiivihiilet ja niihin sitoutunut kulta pumpataan pesuseulan kautta happopesukolonneihin, jossa hiilestä pestään pois epäpuhtaudet ja hiili neutralisoidaan lipeäliuoksella. Seuraavaksi hiilet siirretään strippauskolonneihin, jolloin kierrätettävän lietteen lämpötila nostetaan n. 140 asteeseen ja 3 bar:in paineeseen. Aktiivihiileen sitoutunut kulta liuotetaan syanidiliuoksella, jonka jälkeen liuos johdetaan elektrolyysiin. Elektrolyysissä kulta sakkautetaan kennon pohjalle ja otetaan talteen. Liuotuspiirin lopussa syanidi tuhotaan INCO- prosessilla, jolloin syanidi hapetetaan vaarattomaan muotoon ennen läjitystä CIL2-altaalle. Alhaalla on Kittilän kaivoksen rikastusprosessin virtauskaavio.

Neutraloinnista tuleva rikastehiekka ohjataan suoraan rikastehiekka-altaalle (NP3-allas) tai pastalaitokselle. Pastalaitoksella rikastushiekka pumpataan pastasakeuttimelle, jonka tarkoituksena on nostaa lietteen kiintoainepitoisuus. Saatava ylitevesi pumpataan rikastehiekan pumppaussäiliöön, josta se johdetaan rikastushiekka-altaalle. Aliteliete johdetaan kiekkosuotimelle, jossa vesi ja kiinteä materiaali erotetaan tarkemmin. Kahden eri aikaan toimivan kiekkosuotimen kautta vesi johdetaan rikastehiekan pumppaussäiliöön ja jäljelle jäävä liete johdetaan kuljettimelle. Kuljettimille tuleva kiintoainekakku kuljetetaan pastasekoittimeen, jossa kiintoaineen sekaan lisätään vettä ja sementtiä oikeassa suhteessa. Oikeanlaisen seossuhteen saavutettuaan pastapumppu pumppaa pastan takaisin maan alle louhosten täytteeksi kaivoshenkilöstön määräämään kohteeseen.



Kuva 2 Rikastamon virtauskaavio (Agnico Eaglen sisäiset www-sivut, hakupäivä 18.9.2014.)

## 4. TUTKIMUSKOhteET

### 4.1. Vaihdelaatikor

Vaihide on laite, joka muuttaa pyörimisnopeutta ja momenttia. Vaihide sisältää hammaspyöriä, joten hammaspyöräkäyttö kuuluu tehonsiirtoelimiin. Väilyssuhteen muutoksella pyörimisnopeus muutetaan vääntömomentiksi. Teollisuudessa käytettävien vaihteiden hammaspyörät ovat rynnössä, eli jatkuvassa hammaskosketuksessa. Sähkömoottorit pyörittävät hammasvaihteen väilyksellä esimerkiksi hihnakuljettimia. Vakionopeudella pyörivissä hihnakuljettimissa vaihide alentaa nopeutta ja vääntömomenttia. Vaihdetta, jonka väilyssuhdetta pystytään säätämään, kutsutaan vaihteistoksi. Niissä hammaspyöriä siirretään hammaspyöräkytkennästä toiseen, jolloin väilyssuhde muuttuu. (Keinänen, Kärkkäinen 2010, 290 – 191.)

### 4.2. Hydraulikkajärjestelmät

Hydraulikkajärjestelmäksi kutsutaan laitetta, jonka komponentit ovat liitetty toisiinsa letkuilla ja putkilla. Hydraulikkajärjestelmään kuuluu öljysäiliö, sylintereitä, venttiileitä, moottoreita jne. Hydraulisissa tehonsiirtojärjestelmissä moottorin mekaanisesti tuotettu energia muutetaan hydrauliseksi energiaksi, eli hydraulikkajärjestelmässä vallitsevaksi paineeksi ja tilavuusvirraksi. Teho siirretään putkia pitkin työkohteeseen sopivinta reittiä pitkin minkä jälkeen työkohteen toimilaitteet muuttavat paineen ja tilavuusvirran takaisin mekaaniseksi energiaksi. (Ansaharju 2009 245, Keinänen, Kärkkäinen 2010, 170.)

Avoimessa hydraulikkajärjestelmässä hydraulikkaöljy otetaan öljysäiliöstä ja työn jälkeen se palaa takaisin öljysäiliöön. Öljysäiliössä sijaitseva öljynpinta on yhteydessä vapaaseen ilmanpaineeseen, joten öljyn lisääminen on helppoa. Avoimessa hydraulikkajärjestelmässä on suuri öljysäiliö, jotta käytetyllä öljyllä olisi aikaa jäähtyä käytön jälkeen. Järjestelmällä pystytään käyttämään useita laitteita samanaikaisesti tai erikseen. Hydraulikkapumpun imupuolella on kavitaatiovaara, koska säiliössä ei vallitse painetta. Avoin järjestelmä onkin perusratkaisu, kun ei ole mitään erityisvaatimuksia. (Ansaharju 2009, 245.)

## 5. KUNNOSSAPITO

### 5.1. Kunnossapidon määritelmät

Kunnossapito mielletään kunnossapito-osaston tekemisiin, mutta yhtä suuri merkitys laitteiden toimintaan ja elinikään kuuluu myös tuotannolle. Toimintakunnon seuranta kuuluu niille tahoille, jotka ovat jatkuvasti laitteiden kanssa tekemisissä. Kunnossapidon piiriin kuuluu vaativammat korjaukset ja kunnonvalvonnat, kun taas käyttöhenkilöt vastaavat laitteiden ammattitaitoisesta käytöstä ja toimintakunnon valvonnasta. (Järviö & Lehtiö 2012, 17 – 18.)

Kunnossapito on määritelty SFS:n ja PSK:n standardeissa seuraavasti.

SFS-EN 13306:2010- Standardin mukaan.

”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon.”

PSK 6201:2011- Standardin mukaan.

”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon koko sen elinjakson aikana.”



## 5.2. Tavoitteet

Kunnossapidon tavoitteita ovat tuotannon kokonaistehokkuus ja hyvä käyttövarmuus laitteilla. Siksi siis luonteva kunnossapito saavuttaa laitteille tarkoituksenmukaisen käytettävyyden sekä käyttöiän. Kokonaistehokkuus on määritelty käytettävyydellä, toiminta-asteella ja laatukertoimella. (Järviö & Lehtiö 2012, 59.)

Laitteiden voiteluaineiden kunnon tarkastelulla pyritään ehkäisemään laitteen vikaantuminen, joka on yksi ennakkohuollon haaroista. Voiteluaineen kunnon tiivis tarkastelu järjestelmällisen ennakkohuollon osana vaikuttaa laitteiden käyttövarmuuteen, jos voiteluaineista löytyy hälyttäviä ominaisuuksia, voi se johtaa lopuksi vikaantumiseen mikäli epäkohtaan ei puututa riittävän ajoissa.

Vikaantumisella käsitetään tilanne, jossa laite ei kykene enää suorittamaan vaadittua toimintoa. Vikaantumisille on laadittu luokittelu, jonka standardi SFS-EN 13306 on määritellyt. Ohessa muutama kuvaus vikaantumisesta. (Järviö & Lehtiö 2012, 69.)

- Vika on ilmiö, jossa laitteen kyky suorittaa tehtävä päättyy.
- Vikamuodolla tarkoitetaan tilannetta, jossa laitteen kykenemättömyys suorittaa tehtävä ilmenee.
- Vikaantumissy määritellään seuraavasti: Olosuhteet määrittelyjen, suunnittelun, valmistuksen, asennuksen ja käytön tai kunnossapidon yhteydessä, jotka ovat johtaneet vikaantumiseen (huono materiaalivalinta, alimitoitus)

Laitteet on suunniteltu toimimaan moitteettomasti. Vikaantumista ei tapahdu, jos laitteesta pidetään hyvää huolta ja sitä käytetään oikein. Mikään laitteen vika ei ilmesty itseksensä tai tyhjästä, sillä jokaisella vialla on oma syntymä- sekä kehittymismekanisminsa. Vikatila on useimmiten pitkän kehitymisajan lopputuote. Kun vian jäljille päästään riittävän ajoissa, vaurioitumisriskiä voidaan vähentää merkittävästi. Kunnossapidon määrää voidaan siten vähentää tuntuvasti. Jos konetta käytetään asianmukaisella tavalla, sen rakenteet ja komponentit eivät altistu suurille jännityspiikeille, jolloin koneen elinikä muuttuu edullisempaan suuntaan. (Järviö & Lehtiö 2012, 72 – 73.)

Viallisen laitteen oireiden tulkitseminen voi usein olla vaikeaa. Kunnossapito saattaa olla painottunut korjausten tekemiseen, jolloin oireilevan laitteen vikoihin ei panosteta. Tarkastuskierrokset saattavat olla liian rutiininomaisia tai tarkastuspisteille pääsy on vaikeaa. Likaiset suojat ja paksu likakerros voi kätkeä sisäänsä oireilevan vian laitteessa. Japanilaiset TPM filosofian kehittäjät ovat tutkineet vikaantumista ja heidän mukaansa siihen on olemassa viisi pääsyytä. (Järviö & Lehtiö 2012, 80.)

- ”Laitteita ei käytetä oikealla tavalla: oikeita tapoja ei joko tunneta tai suhtautuminen ei ole oikea. Laitteiden käyttäjät kyllä havaitsevat oirehtivien vikojen aiheuttamia seurausilmiöitä, mutta eivät ryhdy toimenpiteisiin, koska laitteen käyttäjän toimenkuvaan ei kuulu korjaaminen. Raportointi saattaa olla työlästä ja osaaminen kehnoa.”
- ”Käyttäjien ja kunnossapitäjien ammattitaito on liian kapea (keskittyy korjaamiseen). Tarkastuksissa ei huomata oirehtivia vikoja, vaan oireet tulkitaan väärin sekä laitetta käytetään ja kunnossapidetään jopa väärin. Useimmiten väärinkäyttö on tahatonta ja hyvässä uskossa tehtyä, joten sitä on vaikea huomata.”

- "Laitteen ikääntymisen myötä esiintyvää toimintakyvyn heikkenemistä ei havaita tai korjata tai se hyväksytään. Toimintakyvyn muutokset sekä vähittäisvikaantuminen ovat vaikutuksiltaan hyvin pieniä ja muutokset selviävät vain vertailemalla."
- "Laitteen käyttöolosuhteet eivät ole optimaaliset. Lika esimerkiksi saattaa aiheuttaa lämpenemistä tai pienentää liikeratoja ja ylimääräiset varastot tukkivat pääsyn tarkastuspisteiden luokse."
- "Laitteen suunnittelussa ei ole riittävästi huomioitu todellista käyttöä tai käyttöolosuhteita. Toisaalta laite voi olla siirretty muualta, jolloin alkuperäinen käyttötarkoitus on muuttunut."

## 6. TRIBOLOGIA

### 6.1. Kahden pinnan vuorovaikutus

Pintojen geometrisilla ominaisuuksilla eli pinnankarheudella on omat vaikutuksensa. Pinnan tribologiset ominaisuudet riippuvat pintakerroksista ja materiaaliominaisuuksista syvällä pinnan alla. Esimerkiksi hammasvaihteen normaalin kiderakenteen päälle on valmistusvaiheessa muodostunut voimakkaasti muokkautunut kerros. Kappaleen työstön aikana osa pintakerroksesta sulaa ja leviää, jolloin syntyy voimakkaasti lujittunut Beilby - kerros. Beilby - kerroksen päälle syntyy vielä oksidikerros hapen vaikutuksesta. Lisäksi pinnalle voi laskeutua pölyä, kulumistuotteita tai voiteluainekerroksia. Erilaiset pintakäsittelyt voivat myös peittää pintaa. Rasvahappo-, oksidi ym. kerrokset pitävät liukupintojen välisen kitkan pienenä ehkäisten kiinnileikkaantumisen. Kiinnileikkaantumisen aiheuttaa suuri paine ja lämpötila. Luonteenomaista erilaisille pinnoille on aaltomainen pintarakenne, sillä täysin tasaista pintaa ei ole mahdollista saada aikaiseksi. (Kivioja, Kivivuori & Salonen 2007, 97.)

Kuluminen on tapahtuma, jossa kaksi kappaletta kuluttaa liikkeen avulla toisiaan. Kappaleiden liikkeessa toisiaan vasten syntyy kitkan ansiosta lämpöä, joiden yhteisvaikutuksesta kappale kuluu. Kulumisen vaikutuksen havaitsee kappaleen pinnalta materiaalihäviönä. Kuluminen ei suinkaan aina ole negatiivinen asia. Esimerkiksi laitteen sisäänajovaihe edesauttaa pinnankarheuksien tasoittumista normaaliin käyttövaiheeseen, jolloin laitteelle asettuu normaali toimintaympäristö. Kulumista tapahtuu monenlaisissa muodoissa ja olosuhteissa.

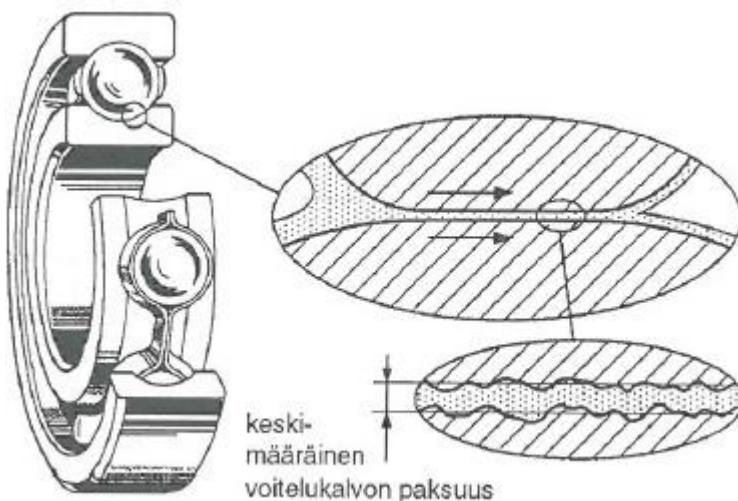
Kuluminen on jaoteltu erilaisiin kulumismekanismeihin. Kulumisen liiketyypit ovat eroteltavissa kuuteen luokkaan, jotka ovat liukuminen, vierintä, iskukuormitus, värähtely ja nestevirtauksena joko partikkeleilla tai ilman. (Kivioja ym, 2007, 100.)

Kulumiseen vaikuttavat kappaleitten pintojen karheus ja ylimmän kerroksen koostumus. Lisävaikutuksena kulumiselle ovat lämpötila, käyntinopeus, kuormitus, ympäristöolosuhteet sekä eri materiaalien liukoisuus toisiinsa.

Materiaalin kulumisnopeus kasvaa, kun kappaleen oksidikerros kuluu pois ja paljas materiaali pääsee kosketukseen. Kulumisen seurauksena kappaleesta irtoava materiaalikerros toimii kolmantena kuluttavana tekijänä. Kappaleen pinnan ominaisuudet kulumisen edistymiseen ja nopeuteen vaikuttavat ratkaisevasti. Laitteiden valmistajat pyrkivätkin vähentämään kulumista kappaleitten pintakarkaisulla tai pinnoituksella. Kappaleiden väliseen kitkaan pyritään vaikuttamaan voitelulla, jolloin hydrodynaamisesti toimiva voiteluainekalvo estää materiaalien kosketuksen keskenään. Voiteluaineen lisäaineilla pyritään luomaan kappaleiden pinnalle oksidikalvo. (Kivioja, ym 2007, 120 – 121.)

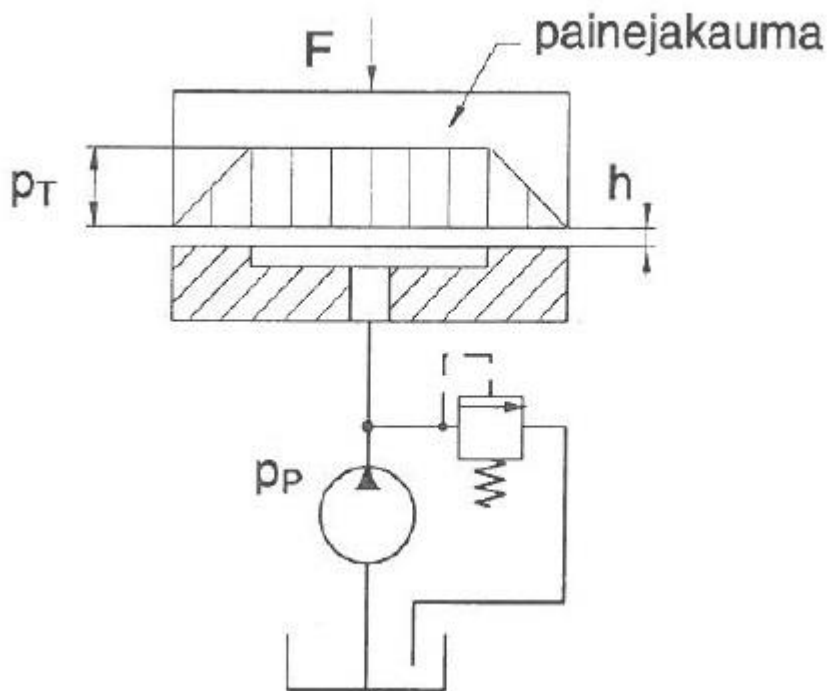
## 6.2. Voitelumekanismit

Voitelun tarkoituksena on kitkan pienentäminen kahden toisiinsa liikkuvan kappaleen välissä. Voiteluaine estää tai vähentää kahden kappaleen kosketuksen toisiinsa muodostamalla voiteluainekalvon (kuva 3). Nestevoitelussa kitkaa ja kulumista vähennetään tai poistetaan kokonaan voiteluainekalvolla. Voiteluaine kykenee erottamaan kappaleet toisistaan, jolloin kosketuspinnat eivät kosketa toisiaan. Voiteluun tehokkuuteen vaikuttavat voiteluaineen viskositeetti ja sen lisäaineet, kosketuksen muoto, pinnankarheus, pintojen liikenopeus, kuorma, lämpötila ja ympäristötekijät. (Kivioja ym. 2007 129.)



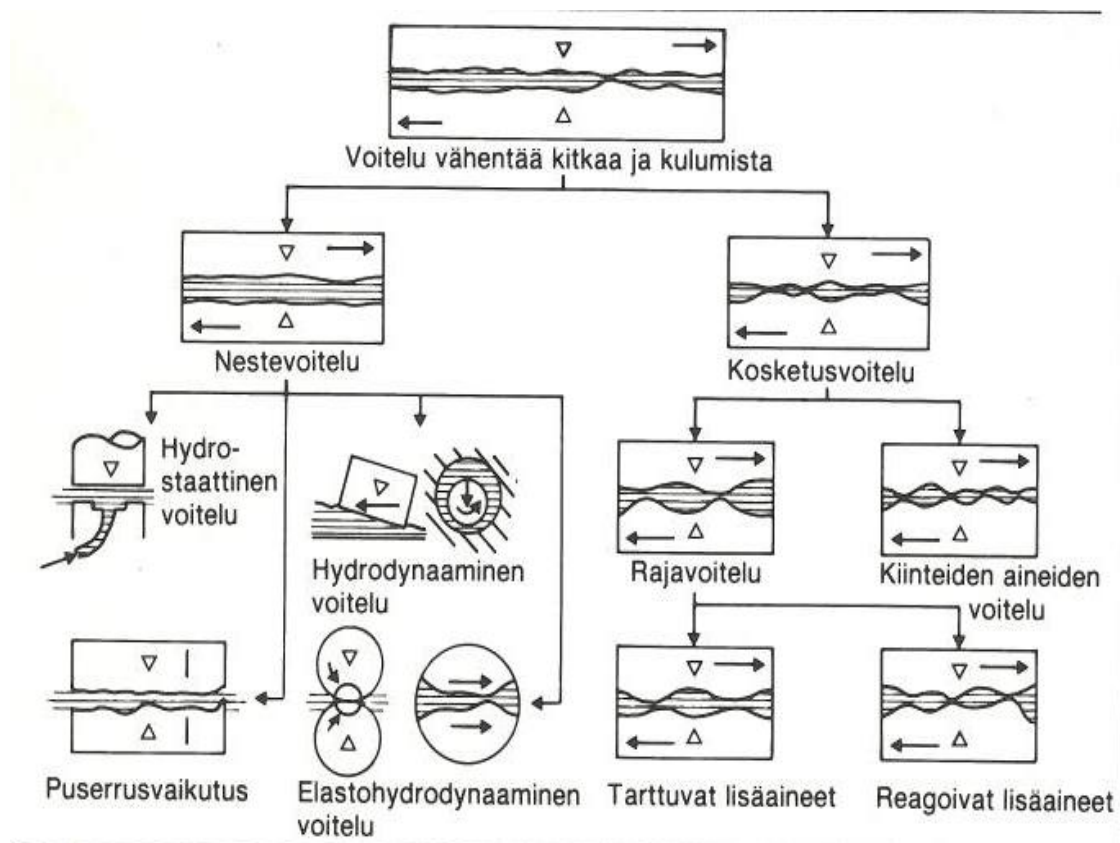
Kuva 3 Voiteluainekalvo laakerissa (Kivioja ym. 2007 129.)

Nestevoitelumekanismit voidaan erotella hydrostaattiseen -, hydrodynaamiseen - ja elastohydrodynaamiseen voiteluun. Hydrostaattisessa voitelussa pumpun tuottama paine erottaa liukupinnat toisistaan kuten kuvassa 4 havainnollistetaan. Tehokkaalla pumpulla öljy painetaan liukulaakereissa sijaitseviin öljytaskuihin, jolloin liukuvat kappaleet nousevat öljykerroksen päälle. Hydrodynaamisessa voitelussa kappaleiden pintojen välinen liike pusertaa voiteluaineen kiilamaisesti, joka ottaa vastaan voiman kahden tasopinnan välissä. Suuren kuormituksen alaisissa kohteissa, joissa voiteluaine ei puristu helposti pois kosketuskohdasta, kutsutaan elastohydrodynaamiseksi voiteluksi. Elastohydrodynaamisissa kohteissa voiteluaine pusertuu nopeasti pois kosketuskohtien välistä, erottaen kosketuskohdat. (Kivioja, Kivivuori & Salonen 2007, 129 - 131, 147, 157.)



Kuva 4 Hydrostaattisen laakerin toimintaperiaate (Kivioja ym 2007 157.)

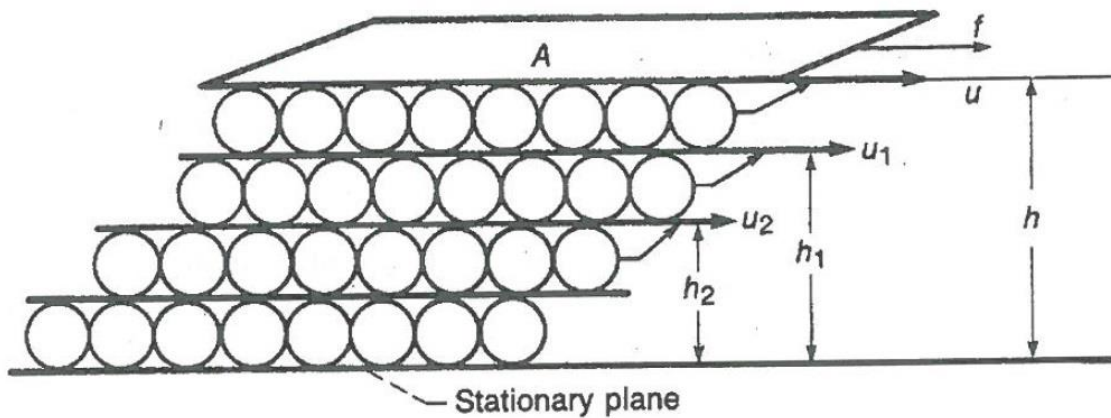
Rajavoitelussa ei tapahdu nestevoitelun kaltaista kalvoa, vaan osa kuormasta välittyy kappaleista pintakosketuksella ja osa voiteluaineen kautta. Kuviossa 1 havainnollistetaan pintakosketustilanteen, jossa pinnankarheuden huippukohdat ottavat vastaan voimat. Kuitenkin kappaleiden pinnalla on hyvin ohut voiteluainekerros, joka estää kappaleiden täydellisen kontaktin. Rajavoitelukohteissa vaatimuksena on, että voiteluaine tarrautuu hyvin kappaleen pintaan, sillä kappaleen pintoja suojaavan kalvon paksuus on hyvin pieni verrattuna kappaleen pinnankarheuden huippukohtiin. (Kivioja ym 2007, 167.)



Kuvio 1 Voitelumekanismien jaottelu( Kivioja ym. 2007 130.)

### 6.3. Viskositeetti ja viskositeetti-indeksi

Viskositeetti on suure, johon vaikuttaa lämpötila. Viskositeetti on nesteen ominaisuus, joka kertoo nesteen juoksevuuden. Kuviossa 2 esitetään aineen ”sisäisten kitkojen” vaikutusta vastustaa aineen liikettä. Korkean viskositeetin omaavat nesteet, kuten öljyt, virtaavat hitaammin kuin pienen viskositeetin omaava vesi. Viskositeetti-indeksi on arvo, joka kertoo suhteellisen muutoksen viskositeetissa lämpötilan muuttuessa. Mitä suurempi on viskositeetti-indeksin arvo, sitä vähemmän muuttuu viskositeetti lämpötilan noustessa. (Kivioja, ym 2007, 172 - 173.)



Kuvio 2 Voiteluaineen rakenne viskositeetin määrittämiseksi. (Kivioja, ym 2007, 172.)



#### 6.4. Voiteluöljyjen ominaisuudet

Voiteluaineiden ominaisuudet johtuvat käytettävistä lisäaineista sekä perusöljyn fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista. Raakaöljystä prosessoidun perusöljyn ominaisuudet määräävät ison osan tuotteen käyttäytymisen lämpötilan vaihdellessa. Perusöljyn ominaisuudet määräävät myös reagoinnin maaleihin ja tiivisteisiin, kuten myös sekoittuvuuden lisäaineisiin ja mineraaliöljyyn. Lisäaineilla voidaan vaikuttaa lukuisiin voiteluaineen ominaisuuksiin, kuten hapettumisen kestävyys, korroosion kesto, kuormankantokykyyn ja haihtuvuuteen. Taulukossa 1 havainnollistetaan muutamien synteettisten aineiden ominaisuuksia mineraaliöljyihin verrattuna. (Kivioja, ym 2007, 182.)

Taulukko 1 Synteettisten nesteiden vertailu mineraaliöljyihin (Kivioja ym 2007, 182.)

Ominaisuudet	Mineraaliöljy	Polyalfaolefiini	Alkyylibentseeni	Diesteri	Polyolier	Polyglykoli	Fosfaattier	Silikonöljy
Viskositeettilämpötilariippuvuus	4	3	4	2	2	2	5	1
Juoksevuus matalissa lämpötiloissa	4	3	3	3	2	3	4	3
Kulumissuoja	4	4	4	4	4	1	2	5
Kitkaominaisuudet	3	3	3	3	2	1	2	5
Hapettumiskestävyys	4	2	4	3	1	1	4	3
Veden erottuminen	4	2	2	2	2	5	2	5
Ilman erottuminen	3	2	2	2	2	4	2	
Ruosteenesto	1	1	1	3	3	3	3	4
Sekoittuvuus mineraaliöljyyn		1	1	3	4	5	5	5
Vaikutus maaleihin	1	1	1	5	5	3	5	2
Vaikutus tiivisteihin	1	1	1	4	4	3	4	1
Hydrolyyttinen kestävyys	1	1	1	4	4	2	4	3
Pieni haihtuvuus	4	1	4	1	1	3	3	3

1 erinomainen, 2 erittäin hyvä, 3 hyvä, 4 tyydyttävä, 5 huono.

## 6.5. Lämpötilat ja lisäaineet

Jähmepisteeksi kutsutaan tilaa, jossa öljy ei enää kykene liikkumaan. Öljyn lämpötilan laskiessa riittävän suureksi öljyn viskositeetti nousee. Jähmettyminen voi myös johtua parafiinikiteitten muodostumisesta yhdessä öljyn viskositeetin nousun kanssa, jolloin öljy jähmettyy. Leimahduspisteeksi kutsutaan tilaa, jolloin öljy muodostaa palavia höyryjä. Öljyn lämpötila, jossa höyryjä syntyy riittävä määrä syttyäkseen, kutsutaan leimahduspisteeksi. (Teboilin Voiteluainekatalogi, 2010.)

Voiteluöljyissä voidaan käyttää lukuisia erilaisia lisäaineita parantamaan öljyn ominaisuuksia. Esimerkiksi mineraaliöljyyn lisäämällä polymeerimolekyylejä voidaan sen viskositeetti indeksia parantaa. Jähmepisteen alentajilla voidaan mineraaliöljyyn lisättäessä vähentää vahamaisten rakeiden haittavaikutuksia. Öljyn jäähtyessä muodostuu vahamaisia rakeita. Tällöin jähmepisteen alentajalla on tehtävänä muodostaa rakeitten ympärille liukas kalvo, jolloin öljyn ominaisuudet pysyvät ennallaan. Hapettumisen estäjällä estetään hapettumistuotteiden ja happojenmuodostuminen. Vaahtoamista estetään piipohjaisilla yhdisteillä. EP-lisäaineilla pyritään luomaan parempaa viskositeetti-paine suhdetta. EP-lisäaineet auttavat muodostamaan voiteluainekalvon kulutuspintojen väliin. Yleisesti EP-lisäaineistettuja öljyjä käytetään vaihdelaatikoissa tai kohteissa, joissa vallitsee suuret pintapaineet. (Kivioja, ym 2007, 177.)

Teollisuusöljyille käytetään ISO-viskositeettiluokitusta. ISO 3448-luokitusta käytetään teollisuus- ja hydraulikkaöljyissä. Hydraulikkaöljyn luokituksessa on 18 eri viskositeettiluokkaa kuvan 6 mukaisesti. Kuvassa 5 on ilmoitettu synteettiset- ja mineraalivaihdeöljyt teollisuuskäyttöön, jossa punaisella merkitty alue ilmoittaa kaivoksella käytettävät vaihdeöljyt. Luokan lukuarvo ilmoittaa öljyn kinemaattisen viskositeetin 40 °C:ssa yksikössä mm<sup>2</sup>/s eli senttistoki, CSt.

ISO VG-luokka	Keskiviskositeetti mm <sup>2</sup> / 40 °C:ssa, vaihtelurajat ± 10%
ISO VG 2	2,2
ISO VG 3	3,2
ISO VG 5	4,6
ISO VG 7	6,8
ISO VG 10	10
ISO VG 15	15
ISO VG 22	22
ISO VG 32	32
ISO VG 46	46
ISO VG 68	68
ISO VG 100	100
ISO VG 150	150
ISO VG 220	220
ISO VG 320	320
ISO VG 460	460
ISO VG 680	680
ISO VG 1000	1000

Kuva 6 Hydraulikkaöljyn luokitus ISO 3448 (Teboilin Voiteluainekatalogi, 2010)

ISO VG-luokka	Tiheys kg/m <sup>3</sup> +15 °C	Viskositeetti kinem mm <sup>2</sup> /s 40 °C    100 °C		Viskositeetti- indeksi	Leimahdus- piste (COC) °C	Jähme- piste °C
100	840	100	14,7	152	220	-55
150	848	150	20,1	155	266	-48
220	849	220	26,5	158	238	-48
320	850	320	36,2	160	250	-48
460	852	460	47,0	160	280	-39

Kuva 5 Teollisuusvaihteistoöljyt Neste EP-sarja. Neste tuoteluettelo PDF

## 7. VOITELUAINEET

Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta Kittilän kaivos käyttää laitteissaan Nesteen tuotteita. Vaihdelaatikko-öljyä on käytössä viskositeetiltaan 150 aina 460 asti. Voiteluyksiköt käyttävät joko 320 tai 460 viskositeetin öljyä. Hydrauliyksiköt käyttävät alkaen Neste 32 superista aina Neste 68 superiin asti. Liitteessä on koottu näytteenottopiiriin kuuluvat laitteet, joiden kohdalla käytettävät voiteluöljyt.

Käytössä ovat Nesteen synteettiset teollisuusvaihteöljyt. Öljyalaatua on käytössä neljän eri viskositeetin omaavaa tuotetta. Tarkastelun kohteet sisälsivät S220EP, S320EP ja S460EP viskositeetin öljyä, jotka ovat merkitty punaisella kuvaan 7. Öljyt sisältävät lisäaineita (EP). Se tarkoittaa, että tuote sisältää paineenkesto-, hapettumisenesto- ja ruosteenestolisäaineita.

ISO VG-luokka	Tiheys kg/m <sup>3</sup> +15 °C	Viskositeetti kinem mm <sup>2</sup> /s		Viskositeetti- indeksi	Leimahdus- piste (COC) °C	Jähme- piste °C
		40 °C	100 °C			
100	840	100	14,7	152	220	-55
150	848	150	20,1	155	266	-48
220	849	220	26,5	158	238	-48
320	850	320	36,2	160	250	-48
460	852	460	47,0	160	280	-39

Kuva 7 Nesteen tuoteluettelo PDF. Ajoneuvojen ja teollisuuden tuoteluettelo s.38 Hakupäivä 18.9.2014

Öljyn kunnonvalvonnan toteutus lähtee voiteluhuolto-ohjelmien suunnittelusta. Pyrkimyksenä on taata tuotannon laatu, luotettavuus, taloudellisuus ja seisokkiaikojen minimointi. Öljyn kuntoa pystytään seuraamaan tehokkaasti öljynäyteanalyysillä. Laboratorioille lähetetyistä näytteistä seuraa raportti, jonka pohjalta tehdään johtopäätökset. Epäpuhtaudet öljyssä voivat paljastaa oireilevan vian, jolloin voidaan ryhtyä ennaltaehkäisevään kunnossapitoon. Öljyä voidaan pitää yhdenlaisena koneen osana, joka myös vaatii tarkkailua. Käytön aikana öljyyn kohdistuu kemiallisia ja fyysisiä muutoksia. Öljyyn kerääntyy käytössä kulumisesta johtuvia partikkeleita, hiukkasia, vettä ja muita epäpuhtauksia. Öljyn kunnonvalvonnassa keskitytään näiden ominaisuuksien seurantaan ja siitä seuraavaan kunnossapitoon. (Suontama, Korpi, Manninen & Rinkinen 1998, 3, 6.)

Partikkelit aiheuttavat mekaanista kulumista ja johtavat komponenttien vaurioon ja käyttöhäiriöihin. Voitelun ja öljyn käyttöiän heikkeneminen johtuu öljyssä olevien partikkelien laadusta, jotka toimivat katalyyttinä. Kupari on esimerkiksi erittäin suuri katalyytti, jonka johdosta öljyn happoluku kasvaa. Happoluvun kasvaessa muodostuu hapettumistuotteita, eli hartsia. (Leola 2014 16.)

Hartsin osuus on haitallisin öljyn epäpuhtauksista ja sitä on järjestelmässä kaikista eniten, kun laite on ollut käytössä pitkään. Venttiilien toimintahäiriöt ja jumiutumiset johtuvat hartsista juuri sen liimamaisesta ominaisuudesta. Hartsin muodostuminen on myös syypää tiivisteiden kovettumiselle ja epäpuhtauskerrostumiin, sillä se sitoo itseensä muita epäpuhtauksia. Öljyn jäähdyttävän vaikutuksen heikentyessä öljy hapettuu lisää lämpötilan kasvaessa ja heikentää näin ilman erottumista. Hapettumisreaktioon vaikuttavat lämpötila, epäpuhtaudet, vesipitoisuus, tietyt lisäaineet ja järjestelmän kipinöinti sekä palamisreaktiot johtuen huonosti suunnitellusta laitteesta. (Leola, 2014 16.)

Partikkelin laskenta ISO 4406-normin mukaan alkaa 4 mikronista. Menetelmä voi mitata vesipisaraa tai ilmakuplaa ja laskee ne partikkeleiksi. Siksi sen käyttämistä ei suositella sen epätarkkuuden vuoksi. Uuden öljyn toimituksen yhteydessä sitä voidaan suuntaa antavasti käyttää. Kuten alla olevasta taulukosta nähdään, niin aivan herkimpien komponenttien välykset voivat olla alle 4 mikronia. (Leola, 2014. 17.)

Taulukko 2 1 ISO- 4406 ja ISO 4405 määrittelemät standardit ( Leola 2014 17.)

Komponenttien välykset	ISO 4405:1991	ISO 4406:1999
Hydrauliikka (propo- ja servotekniikka)	Max. 0,5 mg/100 ml	17/15/12
Muut järjestelmät (vaihteet, laakerivoitelu jne.)	Max. 1,0 mg/100 ml	18/16/13

Vesi voimakkaana katalyyttinä aiheuttaa ruostumista, mekaanista kulumista, öljyn voitelukyvyyn heikkenemistä ja käyttöhäiriöitä. Yleisimmillä voiteluöljyillä veden sitomiskyky 30 °C:ssä on maksimissaan 200 ppm (0,02%), jonka jälkeen vesi on vapaana. (Leola, 2014. 17.)

SKF:n tutkimusten mukaan, kun vapaata vettä on 100 ppm (0,01 %), alentaa se laakereiden käyttöikää 50 %. Niin järjestelmälle kuin uudelle öljylle on perusteltua asettaa maksimitaso, joka on 100 ppm (0,01%). (Leola, 2014. 17.)

## 8. ÖLJYANALYYSI

### 8.1. Näytteenoton huomioita

Partikkelilaskun tulokset voivat muuttua vääräksi hyvin herkästi. Öljynäytteenotosta seuraava analysointitulosten raportti on täysin riippuvainen siitä, miten öljynäyte on otettu. On tärkeää pitää näytteenottoastiat, välineet, rätit ja letkut puhtaana, jotta öljynäyte olisi kohteessa vallitsevan tilanteen mukainen. Näytteen ottamista varten on monenlaisia menetelmiä.

Laboratoriossa tehtävissä analyyseissä tehdään yleensä peruskuntoanalyysi kerran vuodessa, jossa selvitetään taulukon 3 mukaiset pitoisuudet. Tämän analyysin perusteella voidaan arvioida järjestelmän nykytilannetta, öljyn käyttökuntoa ja järjestelmän käyttövarmuutta.

Taulukko 3 Laboratoriossa tehtävien analyysien pitoisuusmittaukset (Leola 2014 21.)

Vesipitoisuus	mg/kg (ppm)
Lisäaine- ja kulumismetallit, ICP	mg/kg (ppm)
Kokonaishappoluku, TAN	mgKOH/g öljyä
Puhtausanalyysi, gravimetrinen 0,8 µ membran (puhtaus ja kuva)	ISO 4405 mod.
Hiukkaspitoisuus	ISO 4406:1999
Antioksidanttipitoisuus (RULER menetelmä)	
Kommentti ja suositukset jatkotoimenpiteille	

Laajempi analyysi voidaan tehdä laitteille, joiden tilavuus on yli 5000l tai jotka ovat käytön kannalta erittäin kriittisiä. Tässä tekninen analyysi sisältää taulukon 4 mukaiset analyysit.

Taulukko 4 Laboratoriossa suoritettavan analyysin laajempi asetelma (Leola 2014, 21.)

Viskositeetti	mm <sup>2</sup> /s (cSt)
Vesipitoisuus	mg/kg (ppm)
Lisäaine- ja kulumismetallit, ICP	mg/kg (ppm)
Kokonaishappoluku, TAN	mgKOH/g öljyä
Puhtausanalyysi, gravimetrinen 0,8 µ membran	ISO 4405 mod.
(puhtaus ja kuva)	
Hiukkaspitoisuus	ISO 4406:1999
Antioksidanttipitoisuus (BHT ja DTBP)	mg/kg (ppm)
Ilman erottuminen	min
Veden erottuminen	min
RPVOT	min
Vaahtoamisen erottuminen	min
pH	
PQ indeksi	
Kommentti ja suositukset jatkotoimenpiteille	



## 8.2. Näytteenotto

Näytteenotto-ohjeen tekoon on käytetty Kil-yhtiöiden suosituksia. Öljyn näytteenotto-ohjeen teko paljastui haasteelliseksi, sillä vaihteleva ympäristö ja laitteisto asettaa vaatimuksia ohjeen teolle. Huomioimalla kohteiden erityistarpeet ja ympäristön vaikutukset kyettiin toiminnot suorittamaan turvallisesti. Öljyn näytteenoton kohdalla vaatimuksia asetti erityisesti mahdollinen kontaminaatio, jolloin näyte ei edustaisi laitteessa vallitsevaa tilannetta. Näytteeseen ulkopuolelta tullut lika ja pöly aiheuttaa tarpeettomia toimenpiteitä ja kustannuksia. Liite 1 on öljyn näytteenotto-ohje kuljettimen vaihdelaatikon.

Öljynäytekeräykseen on syytä valmistautua hyvin, sillä mahdollisesti vialliset, likaiset tai puuttuvat työvälineet voivat viivyttää näytekeräystä. Öljyn näytteenottoon käytettävää alipainepumppua säilytetään sille tarkoitettussa salkussa. Pitämällä salkku puhtaana voidaan välttyä mahdolliselta pumpun ja näytepullojen likaantumiselta. Alipainepumppu voidaan purkaa puhtaalle alustalle osiin, jolloin o-renkaat, kiertet ja muut liikkuvat osat voidaan pestä. Pesuun voidaan käyttää Brake cleaneria, koska se haihtuu nopeasti liuottaen öljyjäämät ja muun lian. Kokoamisvaiheessa on syytä käyttää puhtaita lateksihanskoja.

Rulla puhdistettua Ø 8mm letkua käytetään öljynäytekeräyksessä. Letku leikataan paikan päällä oikean mittaiseksi, jonka jälkeen käytetty letkunpätkä hävitetään. Öljynäytekeräyksessä käytettävät pullot ovat hiukkaskäyttöön 200ml näytepulloja. Niiden mukana tulevat pahvilaatikot toimivat erinomaisena säilytysrasiana, johon voidaan merkitä numerolla sille tarkoitettu laite. Ennen öljynäytekeräystä on syytä merkitä pahvirasian kylkeen mille laitteelle sisällä oleva pullo on tarkoitettu. Näin voidaan helpottaa paikan päällä tapahtuvan öljynäytekeräyksen kulkua, sillä pullon varsinainen merkintä taulukko 5 mukaisesti tapahtuisi puhtaissa ja lämpimissä olosuhteissa.

Öljyn näytekeräyslistan avulla järjestellään laitteet niiden fyysisen sijaintinsa perusteella. Näytepulloihin tai pahvirasiaan merkitään numerolla laite, josta näyte myöhemmin otetaan. Siten ei paikan päällä tarvitse merkitä näytepulloa, jolloin on mahdollisuus pullon ja tietolomakkeen likaantumiseen.

Kaikkien laitteiden kohdalla täytyy noudattaa varovaisuutta. Siksi öljynäytekeräys on suositeltavaa suorittaa pareittain. Öljynäytekeräyksen kohteet vaihtelevat tyyppinsä, ympäristön ja toimintaperiaatteensa perusteella. Kohteiden erityistarpeet on huomioitava, sillä joidenkin laitteiden lähettyvillä voi piillä puristumis-, tippumis-, palamis- ja takertumisvaara. Öljyn näytteenotto-ohjeesta ilmenee, miten kunkin laitteen kohdalla on toimittava.

A-tikkaita kannattaa käyttää korkealla sijaitsevien näytteenottopisteiden luokse pääsemiseen. Normaalit tikapuut ovat kiellettyjä. Pareittain tehtynä öljynäytekeräys helpottuu huomattavasti. Molempien öljynäytekeräystä suorittavien on luettava öljynäytekeräystä varten tehdyt laitekohtaiset öljyn näytteenotto-ohjeet.

Ennen öljyn näytteenottoa on varmistettava letkun kunto. Letkun pinnalla ja sisällä ei saa olla likaa. Letku leikataan oikean mittaiseksi, joka määrittyy säiliön tai vaihdelaatikon pystysuunnassa olevan korkeuden mukaan. Letkun pään on ylettävä öljysäiliön puoleenväliin. Tiedetään, että esimerkiksi hydraulikkajärjestelmän öljysäiliön puolella välissä vallitsee järjestelmän mukainen öljyn kunnan tila. Pohjalle laskeutuu raskaimmat partikkelit ja päällimmäisinä on järjestelmästä suoraan tullut lämmin ja ilmava öljy, joka ei ole ehtinyt asettua.

### 8.2.1. Näytteenoton prosessi

Näytteen ottamiseen vaaditaan puhtaita näytteenottopulloja (HDPE-SC-250 hiukkasvapaita näytteenottopulloja). Pyyhkimiseen käytettävä rätti ei saa nukkaantua, sillä siitä voi irrota partikkeleita näytteeseen. Pääosin öljyn näytteenottoprosessi käsittää seuraavat kohdat, jolloin on tärkeää muistaa taulukon 5 mukaiset merkinnät näyte-eriin.

- Avaa näytteenottoventtiili ja valuta n. 1 litra öljyä astiaan mahdollisimman suurella virtauksella.
- Valuta rauhallisella virtauksella näytepulloon öljyä n. puoleen väliin. Sulje näytepullo kannella ja ravista voimakkaasti.
- Tyhjennä näytepullo öljystä vuotoastiaan (ämpäriin). Toista tämä toimenpide pari kertaa.
- Viimeisellä kerralla täytä näytepullo ja sulje se. Pullo voidaan tämän jälkeen kuivata rätillä.
- Sulje näytteenottoventtiili.
- Merkitse näyte seuraavasti taulukon 5 mukaisesti.

Taulukko 5 Näytteeseen merkittävät tiedot

Näytteenottopäivä
Näytteen ottaja(t)
Näytteenottokohde (säiliö, paluu- vai painelinja)
Järjestelmä
Öljyalaatu ja lämpötila
Yhteystiedot

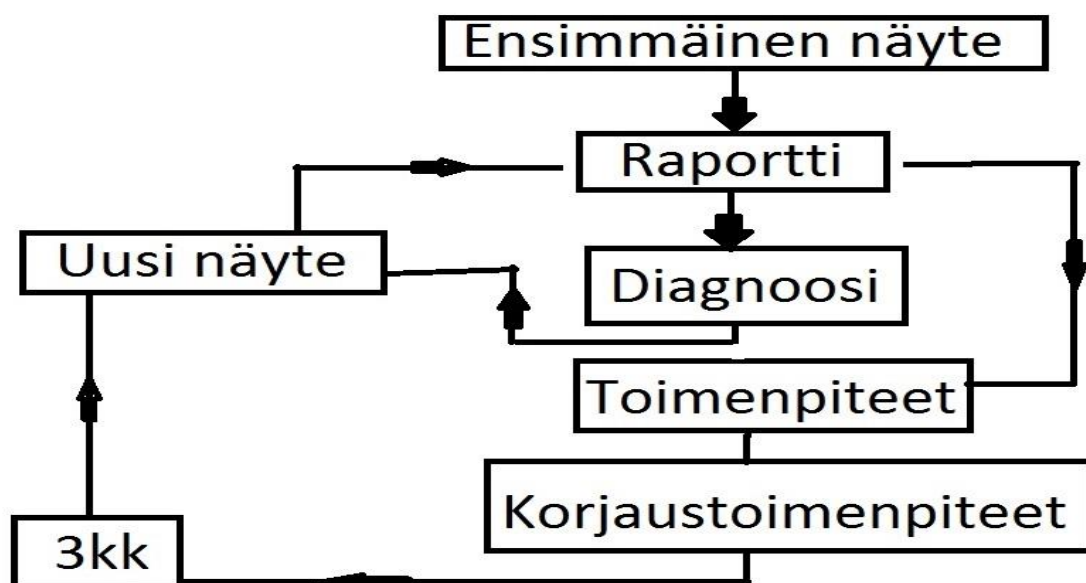
Numeroilla nimetyt näytteenottopullot järjestellään numerojärjestykseen. Öljylaitelistasta katsotaan numeroidun näytteenottopullon laite, josta näyte on otettu. Pulloihin merkitään taulukko 5 mukaisesti laitteen tiedot. Sen jälkeen öljynäytteet varastoidaan valolta, lialta ja kosteudelta suojattuun paikkaan. Sen jälkeen öljynäytteet voidaan lähettää analysoitavaksi.

On suositeltavaa puhdistaa öljynäytteenotossa käytettävät työvälineet seuraavaa käyttöä ajatellen. Mikäli pumpun säilytysalkku on likaantunut käytön yhteydessä, niin suositeltavaa on puhdistaa myös salkku.

Öljynäytteet lähetetään analysoitavaksi laboratorioon, josta myöhemmin seuraa öljyanalyyssiraportti. Raportista selviää laitteen öljyn kunto, jonka perusteella voidaan ryhtyä toimenpiteisiin. Raportti sisältää laborantin diagnoosin, joka kertoo pääosin mitä öljyssä on ja mikä epäkohta on erityisen mielenkiinnon kohteena. Raportti ei selvitä jatkotoimenpiteitä vaan kertoo, mitä öljyssä on tapahtunut sitten viimeisen näytteenoton.

Alla olevassa kaaviossa kerrotaan yksinkertaistettuna öljyn kunnonvalvonnan pääpiirteet. Kaavio ilmaisee myös tilanteen, miten vähemmän kriittisen laitteen kohdalla on meneteltävä, vaikka näytteenottoväli olisi 12kk. Mikäli analyysissä ei ilmene epäkohtia, niin voidaan olettaa, että laite on hyvässä kunnossa ja jatkotoimenpiteitä ei tarvita.

Kaavio 2 Öljyn kunnonvalvonnan kulku



### 8.2.2. Öljynäytteenoton työvälineet

Seuraavassa käsitellään näytteenottoa alipainepumpulla, joka soveltuu pienempien järjestelmien öljynäytteenottoon.



Kuva 8 Näytteenottoon käytettävä alipainepumppu

Öljy imetään alipainepumpulla näytepulloon, minkä jälkeen pulloa ravistetaan samalla tavalla kuin edellisessä ohjeessa mainittiin. Alipainepumppua käytetään, kun näyte imetään paineettomasta tilasta, kuten öljysäiliöstä. Näytteenottoliittimen avulla (kuva 9) voidaan öljynäyte ottaa painelinjasta.



Kuva 9 Minimess näytteenottoliitin

Tarpeen vaatiessa näytteenotto uusitaan, sillä usein näytteen ottamisessa voi olla muutoksia. On suositeltavaa ottaa näyte siihen tarkoitettuun venttiiliin, joka on sijoitettu säiliön keskiosaan. Näyte otetaan silloin kun laite on käytössä. Näytteitä ei saa koskaan säilyttää valoisassa, kylmässä tai kosteassa paikassa. (Leola, 2014 20.)

## 9. RAJA-ARVOT

### 9.1. Hydraulioöljy

Suosittelavia raja-arvoja on suositellut Kimmo Leola Kil-yhtiöstä. Oheiseen taulukkoon on koottu esimerkiksi hydraulikkaöljy 32 superille suositeltavat raja arvot, jonka avulla asentaja tai esimies pystyy tulkitsemaan analyyseistä seuraavaa raporttia. Esimerkiksi alla olevassa taulukossa käydään läpi parametrien mukaiset arvot, jonka avulla voidaan ryhtyä selvittämään mahdollisen vian syytä ja siihen liittyviä toimenpiteitä. Liitteeksi on lisätty vaihdelaatikkoöljyille ja hydraulikkaöljyille asetetut raja-arvosuosituksset.

Taulukko 6 Neste 32 superille asetetut raja-arvot. (Leola 2014, 23.)

Neste 32 Super	Parametri	keskimäärin uusi öljy	Hyvä	Tyydyttävä	Huono
Happoluku	mgKOH/mg	0,6	x1	x2	x5
Viskositeetti	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	32	32	30-35	< 30 / >35
Vesipitoisuus	ppm	< 500	< 50	< 100	> 100
Antioksidanttipitoisuus	ppm	x	> 3000	> 2000	< 2000
Gravimetrinen 0,8 µ membran	mg/100 ml	> 1,0	< 0,5	< 1,0	> 2,0
Partikkelit	ISO 4406:1999	> 18/16/13	< 17/15/12	< 18/16/13	> 18/16/13
Ilman erottumiskyky	min	x	< 3	< 5	> 8
Fosfori (lisäaine), P	ppm	360	≤ 100 % alkup.	> 50 % alkup.	< 50 % alkup.
Sinkki (lisäaine), Zn	ppm	440	≤ 100 % alkup.	< 50 % alkup.	< 25 % alkup.
Kalsium (lisäaine), Ca	ppm	1 -38	0	< 1	> 1

## 9.2. Toimenpiteet analyysien perusteella

Jos öljyn analyysiarvot ovat laskeneet tasolle tyydyttävä tai huono, aloitetaan seuraavat toimenpiteet vian luonteen mukaisesti. Seuraavat asiat koskevat edellä mainitun kaavio 2 korjaustoimenpiteitä.

### 9.2.1. Epäpuhtaustaso korkea

Tarkistetaan analyysin paikkaansa pitävyys uudella analyysillä. Arvojen edelleen pitäessä paikkaansa aloitetaan seuraavat toimenpiteet. (Leola, 2014, 26.)

1. Öljyn puhdistaminen sivukiertosuodattimella (jos kapasiteetti on suuri.)
2. Tarkistetaan onko tehty öljylisäyksiä ja miten.
3. Tarkistetaan öljyn käyttölämpötila säiliössä ja jäähdyttäjän jälkeen jos saastumien tai hartsin määrä on suuri.
4. Tarkistetaan vuodot ja ilmansuodatus
5. 3 kuukauden jälkeen puhdistuksesta tarkistetaan uudelleen öljyn tila analyysillä.

### 9.2.2. Kosteus ja öljymolekyylit

Tarkistetaan uudella analyysillä tilanteen paikkaansa pitävyys. Lukemien pitäessä paikkaansa siirrytään selvittämään, mistä kosteus on laitteeseen tullut. Mahdollisia syitä voivat olla kondenssivesi, täytön yhteydessä tullut vesi, vesihöyry tai pesuvesi. Veden poiston yhteydessä valitaan menetelmä, joka määräytyy vesipitoisuuden ja öljyalaadun perusteella. Veden poistoon tarkoitettuja laitteita ovat separaattori, alipainehöyrystin tai vettä sitovat menetelmät. Analysointi uusitaan kolmen kuukauden päästä vedenpoistosta. (Leola, 2014, 26.)

Öljymolekyylien hajotessa palamisreaktion seurauksena öljyn viskositeetti alenee. On mahdollista, että viskositeetin alentuminen johtuu alhaisemman viskositeetin omaavan öljyn tai liuotinaineen sekoittumisesta voiteluaineeseen. Syyt on suotavaa selvittää nopeasti, sillä palamisreaktioiden vallitessa järjestelmä on viallinen. Viskositeetin nousu voi johtua korkean viskositeetin omaavan öljyn sekoittumisesta järjestelmän öljyyn. Viskositeetin kasvu voi myös merkitä polymerisoitumista, mikä nostaa peroksidilukua ja nopeuttaa hapettumista. Ennen toimenpiteisiin ryhtymistä otetaan uusi analyysi tarkistamista varten. Likaantumisesta johtunut viskositeetin vaihtelu voidaan korjata öljyn puhdistamisella. Suositeltavaa on selvittää mahdolliset öljyn lisäykset ja se, millä tavalla ne on tehty. Nämä toimenpiteet voidaan ohittaa myös laitteen kokonaisvaltaisella huuhtelulla ja öljynvaihdoilla. Tehdään uusi analyysi kolmen kuukauden päästä öljyn vaihdosta. (Leola, 2014, 26 – 27.)

Kokonaishappoluvun TAN mgKOH/g nousu öljyssä johtuu puutteellisesta öljyhuollosta tai huonosta voitelujärjestelmästä. Se voi johtaa ennenaikaiseen öljynvaihtoon. Jos happoluku on liian suuri, tehdään uusi analyysi tarkistusta varten. Happamien tuotteiden poistamiseksi käytetään joko kalkki- tai alumiinielementtiä, ellei vika johdu normaalista epäpuhtaudesta. Öljyyn lisätään antioksidantteja tai uutta öljyä. Tarkistetaan uudella analyysillä 1 kuukauden päästä. (Leola, 2014, 27.)

SOAP (ICP) on lisäaine ja kulumishiukkasten analysointi, jossa tutkitaan alle 3 mikronin partikkeleita. Epäpuhtaudet, joita SOAP-mittauksessa havaitaan, ovat kulumismetalleja kuten kupari, sinkki ja kalsium. Kalsium sitoo itseensä vettä, jolla tämän vuoksi on haitallinen vaikutus öljyyn. Kalsiumia ei voida poistaa nykyisillä puhdistusmenetelmillä. Sinkki on kulumisenestoaine ja sen tarpeellisuutta pitää harkita, sillä se lisää ilman erottumisaikaa. Kuparipitoisuutta on tarkasteltava kriittisesti, sillä se on suuri katalyytti. Kuparin poistaminen voiteluöljystä on vaikeaa. Tässä tilanteessa vaihtoehtona on vaihtaa öljy. (Leola, 2014, 27.)



Ilman erottumiseen vaikuttaa kalsium- ja sinkkipitoisuudet sekä epäpuhtaudet. Ilma johtaa paineiskuihin ja öljyn palamiseen. Analyysin tulokset varmistetaan uudella analyysillä, josta käy myös ilmi öljyn puhtaus. Epäpuhtauden ollessa pääsyy päädytään öljyn puhdistamiseen. Kalsiumin tai muun lisäaineen ollessa pääsyy suoritetaan öljynvaihto. Järjestelmä tarkistetaan uudelleen, jotta varmistutaan ilman poistuminen ennen imupumppua. Tehdään uusi analyysi kolmen kuukauden kuluttua. (Leola, 2014, 28.)

## 10. TEHDASSTANDARDI

### 10.1. Kunnossapidon esimiehet

Laitekannan ollessa hyvin laaja ja monipuolinen vaatii laitteistokokonaisuuden kunnossapito ohjeistusta. Sain tehtäväkseni luoda kattavan ohjeistuksen voiteluöljyjen ja laitteiston kunnossapitoon. Öljyn näytteenotto-ohjeiden lisäksi kokosin sarjan ohjeistuksia erilaisiin öljyhuoltoon liittyvissä seikoissa. Ohjeistus kokonaisuus pitää sisällään 8 ohjetta erilaisiin tarkoituksiin, joita mahdollisesti tullaan soveltamaan henkilöstön koulutuksessa. Liite 2 sisältää ohjeen ”Voiteluaineen varastointi”

Öljyn hankintaohjeessa käydään läpi toimenpiteet, jotka on suositeltavaa tehdä, kun kyseessä on suuri hankintaerä. Ohjeessa selvitetään toimenpiteet öljyn laadun, puhtauden, valmistuspäivän ja mahdollisen reklamaation osalta. Puhtaustasot ovat määritelty ISO 4406:1999 mukaiseksi. Alhaalla lainaus ohjeen alkutekstistä.

”Voiteluaineen hankinnassa on tärkeää, että tuote on oikean laatuista. Voiteluaineeseen päässeet vieraat lisäaineet useasti aiheuttavat ongelmia. Vieraat lisäaineet voivat aiheuttaa saostumia, hartsin muodostumista, vaahtoamista ym. Siksi siis on tärkeää varmistaa tuote, että se on tilauksenmukainen.”

Öljyn varastointiohjeessa käsitellään voiteluaineiden varastointiin ja käsittelyyn liittyvät seikat. Tärkeimpinä asioina voidaan sanoa oikeaoppinen varastointi ja siihen liittyvät ympäristö ja turvallisuuskäsitteet. Öljyn käsittelyssä on huomioitava työvälineiden puhtaus ja tynnyrituotteen varastointi, jossa ensimmäisenä tullut tuote luovutetaan käyttöön ensimmäisenä. Liitteenä ”Öljyn varastointi”-ohje.

Voiteluaineen kunnon huonontuessa on syytä ryhtyä toimiin, ennen kuin laitteeseen syntyy vika. Analyysi paljastaa mahdollisen vian syyn, jolloin on helppo ryhtyä toimenpiteisiin asian korjaamiseksi. Kyseisessä ohjeessa käsitellään yksityiskohtaisemmin asiat, jotka käsiteltiin luvussa 10.4.

## 10.2. Asentajien ohjeet

Ohjeessa käsitellään tilannetta, jossa kunnossapitohenkilöllä on tehtävänä tulkita laboratoriosta tullutta öljynäyteraporttia. Ohjeessa selvitetään kunkin lisäaineen, vesipitoisuuden, kulumametallien ja hapettumien pitoisuudet, joiden kohdalla kerrotaan poikkeavat ja hälyttävät lukemat. Taulukossa 7 on asetettu esille asiat, joita tarkastellaan ohjeiden mukaisesti. Arvojen perusteella voidaan luoda kuvaajat, jotka ilmaisevat kyseisten arvojen poikkeavuuden edelliseen näytteeseen verrattuna.

Taulukko 7 Otos tulkintaohjeessa olevasta kuvasta

Näytteenottopäivä			3.8.2014	30.3.2012	2.9.2011	19.4.2011
Laboratorionumero			H42896	H33463	H31364	H30089
ÖLJYN KUNTO	Menetelmä					
Viskositeetti +40 °C	cSt	ASTM D445	256,24			
+100 °C			24,94			
Viskositeetti-indeksi	-		124			
Väri	-	ASTM 1500				
Öljyn ulkonäkö			kirkas, rusk.	kirkas, kelt.	kirkas, rusk.	kirkas, rusk.
Öljyn hapettuminen -TAN	mgKOH / g	ASTM D664	0,60			
-IR	A / cm		1			
-Memb. väri			harmaa	valkoinen	valkoinen	harmaa
Lisäaineet - ICP	ppm	ASTM D5185				
Kalsium			3			
Magnesium			0			
Bööri			20			
Sinkki			18			
Fosfori			275			
Barium			0			
Rikki			8482			

Hydrauliikkajärjestelmien, voiteluyksiköiden ja vaihdelaatikoiden huuhtelua käsittelevässä ohjeistuksessa käydään läpi tilanne, kun laitteeseen vaihdetaan öljyt. Huuhtelussa on pyrkimyksenä saada hydrauliikka ja voiteluainejärjestelmiin turbulenttinen virtaus, jotta pyörteinen virtaus puhdistaisi mahdollisimman hyvin. Turbulenttisen virtauksen on todettu pesevän järjestelmää parhaiten, joten riittävän alhaisen viskositeetin omaavan huuhteluöljyn valinta on tärkeässä osassa valittaessa oikeanlaista huuhteluöljyä.

Hydrauliikkajärjestelmissä on öljysäiliö, johon on mahdollista liittää suodatusjärjestelmä. Tässä ohjeessa käsitellään, miten kullekin järjestelmälle on mahdollista järjestää käytönaikainen suodatusjärjestelmä laitteen omien suodattimien tueksi. Järjestelmien omia linjasuodattimia ei välttämättä voi laittaa kovin tiukaksi, sillä se voi lyhentää suodattimen käyttöikää tarpeettomasti. Ohjeessa käsitellään monia vaihtoehtoja tietynlaisen ongelman ratkaisemiseksi. Voiteluaineen puhtaus ja analyysit-ohjeessa käydään läpi asiat, jotka mainittiin luvussa 10. Työohje toimii täydentävänä ohjeena raporttien tulkintaohjeelle.

Kyseisessä työohjeessa käsitellään toimenpiteet ja uudistukset, joiden on täytyttävä, jotta saadaan tietty puhtausarvo ja mahdollisimman hyvä käyttövarmuus. Ohje sisältää toimenpiteet ja toimet, joiden avulla on mahdollista saavuttaa määritellyt laitteiden voiteluöljyjen puhtausarvot. Esimerkiksi linjasuodattimien valintaan liittyvät seikat, missä vertaillaan suodattimen kokoa verrattuna laitteen vaatimaan tilavuusvirtaan. Suodattimen valinnassa hallitsevana tekijänä on suodattimen suodatusarvot, jotka pitkälti määräävät minkälaiset suodattimet on mahdollista asentaa.

### 10.3. Huohottimien standardisointi

Voiteluhuoltoon kuuluu suurena osana myös oheislaitteiden huolto. Tehtävänäni oli löytää jokainen öljyä sisältävä laite ja määritellä siihen sopiva 3μ huohotin. Tehtaalta tulleet laitteet ovat varustettuna usein ”peltikuppi” -huohottimella. Peltikuppihuohottimet ovat riittämättömiä, sillä laitteen ympäristössä vallitsee suuret määrät pölyä ja kosteutta.

Keräsin tarvittavat tiedot laitteista ja otin valokuvia. Valokuvien avulla selvisi ympäristön haastavuus. Laitteen koosta riippuen pystyin valitsemaan oikeantyyppisen huohottimen. Jotkin laitteet vaativat ilmaa kuivaavat ominaisuudet, jolloin pääasiallisesti ulkona sijaitsevat laitteet varustetaan kuivaavalla ominaisuudella.

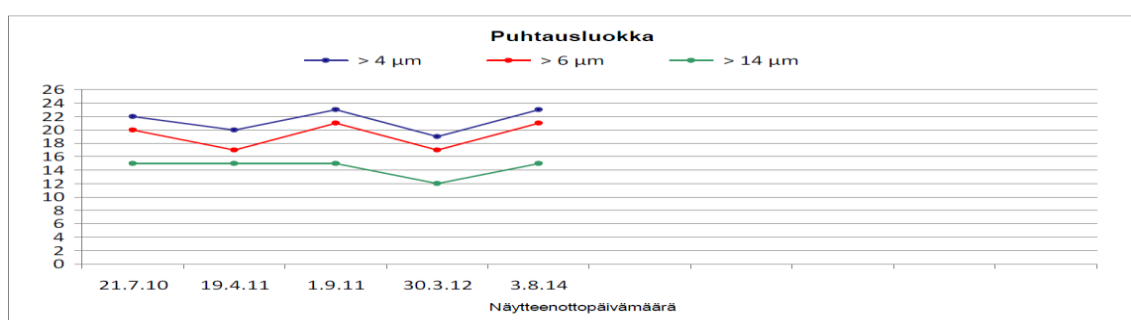
Pääasiallinen tarkoitus on standardisoida Kittilän kaivoksen huohottimet. Asentajien ei enää tarvitse etsiä oikeanlaista huohotinta, vaan rikastamon laitelista löytyy kullekin laitteelle oma huohotinmalli. Mikäli asentajat sattuvat löytämään laitteen, johon on jäänyt ”peltikuppi”, on Heidän tehtävänsä korjata tilanne asentamalla tehdastandardin määrittelemä huohotinmalli. Valmistajaksi valittiin Hydac, jolla on laaja valikoima erilaisia huohottimia. Neljä erilaista huohotinmallia valittiin käyttöön, joista kolmella on sama suodatusaste  $3\mu$ . Kuivaavan suodattimen suodatusaste on  $3\mu$ .

#### 10.4. Kunnan seurantastandardi

Kohteiden valinta kunnonvalvonnan piiriin on tehty öljytilavuuden ja kriittisyyden perusteella. Pieniäkin laitteita, joiden öljytilavuus on 20-50 litraa, on perusteltua pitää kunnonvalvonnan piirissä. Öljyanalyysien tarkoituksena on todeta öljyn käyttökelpoisuus ja toimenpidetarpeet analyysitulosten perusteella. Useiden analyysitulosten perusteella luotu trendi pitoisuuksista auttaa seuraamaan öljyn kuntoa ja luomaan hälytysrajat. Ohessa öljyn puhtautta kuvaava trendi, josta ilmenee epäpuhtauksien epänormaali kasvu. (Suontama, ym 1998, 14.)

Kittilän kaivokselle määritelty tehdastandardi käsittää tilanteen, jossa kunnossapidon tehtävänä on suorittaa määritellyt näytteenotot. Näytteenottoväli on määritelty kriittisyyden perusteella, jotka ovat jaoteltu kolmen kuuden ja kahdentoista kuukauden väleihin. Ensimmäisessä, eli kriittisimmissä laitteissa näytteenottoväli on 3kk. Sitä seuraa 6kk laitteet yhdessä 3 kk laitteiden kera. 12kk kohdalla näyte kerätään kaikista laitteista. Tulosten perusteella luodut kuvaajat hälytysrajoineen luovat selkeän käsityksen kunkin laitteen kohdalla tapahtuvista muutoksista.

Taulukko 8 Trendi epäpuhtauksien vaihtelusta, joka on otettu öljyanalyysien raportista



## 11. POHDINTA

Saavuini Kittilän kaivokselle kesätöihin toukokuussa 2014, jolloin aloitin kunnossapidossa mekaanikkona. Työskentelin mekaanikkona toukokuusta syyskuun puoleenväliin, jolloin keräsin paljon kokemusta erilaisten laitteiden kunnossapidosta ja korjaamisesta. Töiden lomassa esitin kollegoilleni kysymyksiä kunkin laitteen kunnossapidosta tai järjestelmän toiminnasta. Tehtäväni oli selvittää laitteet, jotka sopisivat öljynäytteenoton piiriin annettujen kriteerien perusteella. Laitteet, joiden öljykapasiteetti on 45 litraa tai yli, päätyivät erityiselle laitelistalle. Kootun laitelistan perusteella luotiin laitekohtaiset öljyn näytteenotto-ohjeet.

Öljynäytteen ottoja oli suoritettu jo jonkin aikaa, mutta se tarvitsi ohjeistusta työn suorittamiseen. Sain tehtäväkseni luoda yhdenmukaisen työkalun mekaanikoille öljynäytteenottoa varten, joka ehkäisisi virheellisten toimenpiteiden seuraukset. Laitekohtaiset öljyn näytteenotto-ohjeet tehtiin tarkastelemalla laitevalmistajien suosituksia sekä konsultoimalla siihen perehtyneitä henkilöitä.

Luodessani öljynäytteenoton piiriin kuuluvaa laitelistaa sain huomata tehtävän haasteellisuuden. Käynnissä olleen rikastamon laajennuksen myötä jotkin laitteista olivat saaneet uuden tehtävän, jolloin osa tiedoista oli päivittämättä. Saadakseni öljyn näytteenottolistan valmiiksi minun oli ensin selvitettävä, mitä laitteita ei enää käytetä ja mitä on tullut lisää. Valmiiksi saadun listan myötä saatoinkin ryhtyä keräämään listaan laitteiden valmistajat, tilavuudet, öljyalaadut, laitetyypit, positiot, kuvaukset ja öljyn näytteenottoon järjestysnumerot.

Öljyn näytteenotto-ohjeiden luomisessa päädyin kaavaan, jossa kuvataan laite ja sen käyttötarkoitus positionumeroineen. Turvallisuus ja varotoimenpide ohjeistuksen jälkeen lukija saatetaan kuvien avulla askel askeleelta näytteenoton prosessiin, jolloin yleisilmeestä on saatu selkeä ja mutkaton.

Työn tarpeellisuus ilmeni parannuksen tarpeessa olevasta öljyhuollosta, jonka päämääränä oli tehokas voiteluöljyjen kunnon seuranta. Ohjeistukset lisäävät painoarvoa ennakkohuollolle, jolloin voiteluaineiden kunnonseurannalla pystytään puuttumaan vikaantumisen syntyyn ajoissa. Näytteenotto-ohjeiden sekä muiden ohjeiden avulla lisätään käyttövarmuutta. Näytteenotto-ohjeet ovat osa luotettavan analyysin saantia, sillä todenmukainen raportti ilmoittaa kasvavasta ongelmasta. Kuvaajia käytetään luomaan visuaalista kuvaa siitä, miten öljy on muuttunut edellisestä näytteenotosta. Luomani ohjeistussarjan avulla pystytään reagoimaan tietynlaisen ongelman ratkaisuun, jonka öljyanalyysi on paljastanut.

Näiden ohjeiden pohjalta pyritään luomaan tehdas standardi, jonka mukaan kunnossapitohenkilöstö toimii. Tärkeimpänä ominaisuutena voidaan sanoa laitteiden käyttövarmuuden parantuminen intensiivisen öljyjen kunnonseurannan seurauksena ja äkkinäinen laitteiden vikaantumisen ennaltaehkäisy.

## 12. LÄHTEET

Agnico Eaglen sisäinen Powerpoint yleisesittely 2014, hakupäivä 8.8.2014.

Agnico Eaglen WWW – sivut 2014. Hakupäivä 8.8.2014.

< <http://www.agnicoeagle.com/en/About-Us/Pages/History.aspx> >

Ansaharju, T. 2009 Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: Sanoma Pro Oyj.

Hydrauliikkaöljyn valintaperusteet 2013. Hakupäivä 25.9.2014.

<<http://www.teboil.fi/tuotteet/voiteluaineet/yleista-voiteluaineista/hydrauliikkaoljyn-valintaperusteita/>>

Järviö, J & Lehtiö T. 2012. Kunnossapito – Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-media, Promaint Oy.

Kaivoksen sisäiset www-sivut 2014. Hakupäivä 3.8.2014.

Keinänen, T. Kärkkäinen P. 2010 Konetekniikan perusteet. Helsinki: Sanoma Pro Oyj

Kivioja, S. Kivivuori, S & Salonen, P. 2007 Tribologia – Kitka, kuluminen ja voitelu. Espoo: Otatieto Oy

Leola, K. Kil-yhtiöt 2014 Kittilän kaivoksen voiteluhuollon ohjeistus. Kil-Yhtiöt

Nesteen tuoteluettelo PDF 4/2011. Ajoneuvojen ja teollisuuden tuoteluettelo

Suontama, K. Korpi, A. Manninen, A & Rinkinen, J. 1/1998. Öljyn kunnonvalvonta osana tuotantolaitteiden kunnossapitoa. Kunnossapitokoulu- lehden erikoisliite.


Teboilin Voiteluainekatalogi 2010, Hakupäivä 25.9.2014.

< [http://www.grisco.ee/catalogues/teboil\\_2010\\_fin.pdf](http://www.grisco.ee/catalogues/teboil_2010_fin.pdf) >



### 13.LIITTEET

- Liite 1. Öljyn näytteenotto-ohje, Vaihdelaatikko
- Liite 2. Öljyn varastointiohje
- Liite 3. Öljylaitelista
- Liite 4. Näytteiden raja-arvot

	<b>Agnico Eagle Finland Kupi</b>
	<b>Öljyn näytteenotto-ohje</b>
	<b>"Kutoskuljetin"</b>

## 1. KOHDE

Malminsiirtokuljettimen vaihdelaatikko 5130-CON06. Kohde on vaihdelaatikko, jonka öljytilavuus on 54 litraa. Laite sijaitsee uuden välivaraston päällä. Öljynäyte otetaan huohottimen reiästä (kuva 1), kun laite on sammutettu.

## 2. LAITTEIDEN TIEDOT

### 2.1. LAITEKUVAUS

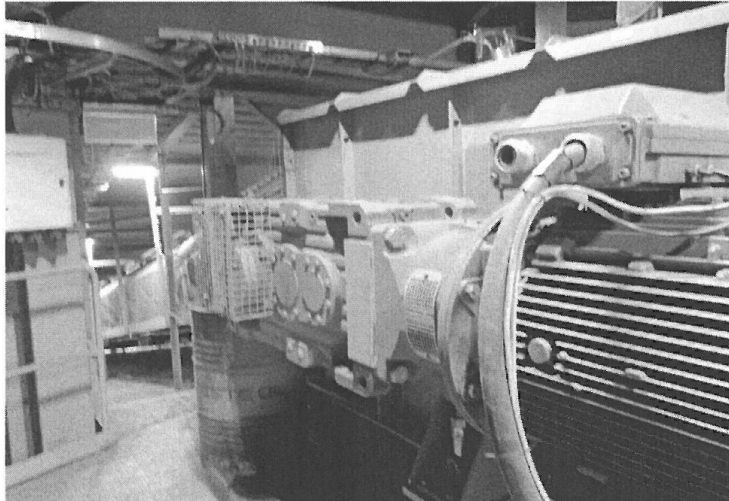
Murskaamo 5130	Kuvaus	JDE numero	Öljyalaatu	Kapasiteetti	valmistaja	Malli/Tyyppi
"Kutoskuljetin"	Vaihdelaatikko	5130-CON06	nestes 220 EP	54L	SEW	X3KA160T

### 2.2. TARVITTAVAT SUOJARUSTEET

- Hengityssuojain
- Silmäsuojaimet
- Kasvosuojain
- Kumikäsineet
- Kypärä


### 2.3. TARVITTAVAT VÄLINEET

- Alipainepumppu
- Joustavaa muovilettoa  $\approx$  8mm
- Hiukkasvapaita näytteenottopulloja (6 kpl)
- Rättejä (puhdistukseen ja roiskuneen öljyn pyyhkimiseen pinnoilta)



Öljynäytteenotto	Päiväys: 7.10.2014 Versio: 1	Sivu 1
------------------	---------------------------------	--------

## Liite 1 2(3)

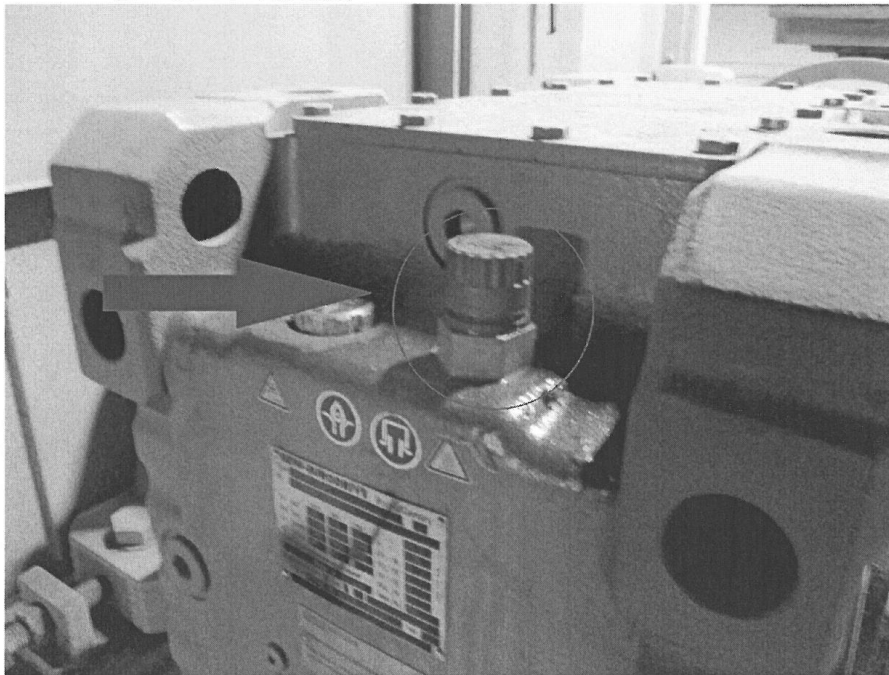
	<b>Agnico Eagle Finland Kupi</b>
	<b>Öljyn näytteenotto-ohje</b>
	<b>"Kutoskuljetin"</b>

3. TYÖVAIHEET3.1. ENNEN NÄYTTEENOTTOAVARMISTA ETTÄ:

- Olet ottamassa näytettä oikeasta laitteesta
- Huohotin ja sen ympäristä on puhdas
- Näytteenottopullo, letku ja imupumppu on puhdas
- Kykenet ottamaan näytteen turvallisesti

3.2. NÄYTTEENOTTO


1. Ota imupumppu esille
2. Leikkaa sopivan mittainen letku (yltää n. 1/3 vaihdelaatikon korkeuteen)
3. Puhdista letku
4. Liitä letku imupumppuun
5. Ota näytteenottopullo esille ja ruuvaa korkki pois
6. Pikaisesti kiinnitä näytteenottopullo imupumppuun (varmista, että korkkia pidetään kädessä kierrelättiä kohden)
7. Irroita huohotin
8. Laske letku sisään (kuva 1)



Kuva 1 Murskatun malmin kuljettimen vaihdelaatikko

Öljynäytteenotto	Päiväys: 7.10.2014 Versio: 1	Sivu 2
------------------	---------------------------------	--------

## Liite 1 3(3)


 <b>AGNICO EAGLE</b>	<b>Agnico Eagle Finland Kupi</b>
	<b>Öljyn näytteenotto-ohje</b>
	<b>"Kutoskuljetin"</b>

9. Pumpkaa pumppua 3-4 kertaa ja odota, että pullo alkaa täyttymään
10. Laske pullo vajaaksi, ruuvaa pullo pois ja kiinnitä korkki. Ravista voimakkaasti ja tyhjennä pullo.
11. Toista kohta 9 ja 10 pariin kertaan ja sen jälkeen siirry kohtaan 12.
12. Pullon täytyttyä nosta letku säiliöstä ja ruuvaa huohotin takaisin paikalleen
13. Irroita pullo pumpusta ja nopeasti ruuvaa korkki kiinni pulloon
14. Puhdista pullo ja merkitse mistä vaihdelaatikosta näyte on
15. Irroita letku pumpusta ja säiliö pumppu asianmukaiseen paikkaan
16. Hävitä käytetty letkunpätkä

3.3. NÄYTTEEN KÄSITTELY

1. Suojaa näyte valolta ja lialta
2. Merkitse pulloon:

näytteenottopäivä
näytteen ottaja(t)
näytteenottokohde (säiliö, tai paineputki) paluu
järjestelmä
öljyalaatu ja lämpötila
yhteystiedot

	Vastuullisen kaivostoiminnan hallintajärjestelmä
	Kunnossapidon ohjeistus
	Voiteluaineen varastointi

## 1 – TARKOITUS

Voiteluaineet on varastoitava oikealla tavalla huomioiden voiteluaineiden ominaisuudet, paloturvallisuus sekä hygieeninen turvallisuus. Käsittely riippuu voiteluaineen laadusta, määrästä sekä vaihtuvuudesta

## 2 – KOHTEET


Voiteluaineiden oikeaoppinen varastointi ja siihen liittyvät ympäristö- ja turvallisuusnäkökulmat.

## VARASTOINTI

### 1. Varastopaikan suunnittelu

Varastopaikkaa suunniteltaessa ja varastoa hoidettaessa on muistettava ympäristösuojelukysymykset. Varastoalueelta ei mahdollisten öljyvuotojen sattuessa saa joutua öljyä maakerrokseen tai vesiin.

Öljyn varastointi	Päiväys: 20.10.2014 Versio: 1	Sivu 1
-------------------	----------------------------------	--------


	<b>Vastuullisen kaivostoiminnan hallintajärjestelmä</b>
	<b>Kunnossapidon ohjeistus</b>
	<b>Voiteluaineen varastointi</b>

Perusasioita ovat:

- lukittavat ovet
- lämmin tila
- valaistu tila
- esteetön kulkureitti
- palamaton rakennusmateriaali
- tuuletus
- valuma-altaat
- selkeät merkinnät

Öljyn varastointi	Päiväys: 20.10.2014 Versio: 1	Sivu 2
-------------------	----------------------------------	--------


Tulostettu: 20.10.2014 9:44

	Vastuullisen kaivostoiminnan hallintajärjestelmä
	Kunnossapidon ohjeistus
	Voiteluaineen varastointi

## 2. Varastoinnista vastaava

- Ottaa vastaan ja luovuttaa voiteluaineet.
- Hoitaa varastoinnin oikealla tavalla ja merkitsee vastaanottopäivän ylös.
- Valvoo varastointia.
- Huolehtii, että ensimmäisenä tullut voiteluaine luovutetaan myös ensimmäisenä. (first in first out)
- Tarkistaa, että tynnyrit ovat ehjiä, puhtaita ja merkitty oikein.
- Vastaa merkinnoista, toimitusasioista ja siirtojärjestelmistä.

Öljyn varastointi	Päiväys: 20.10.2014 Versio: 1	Sivu 3
-------------------	----------------------------------	--------


	Vastuullisen kaivostoiminnan hallintajärjestelmä
	Kunnossapidon ohjeistus
	Voiteluaineen varastointi

### 3. Öljyn käsittely

1. Käytettäville öljyille on omat merkityt astiat ja siirtopumput.
2. Mikäli käytetään samoja astioita, pumppuja, suodattimia ja letkuja,  
on ne ehdottomasti huuhdeltava ennen erityyppisen öljyn käsittelyä ja  
suodatin vaihdettava
3. Varmistetaan öljyn puhtaus joko puhdistamalla öljy ennen täyttöä tai täyttö  
tehdään suodattimen, max. 3 mikronia, kautta. Täyttöön voidaan käyttää myös  
sivukierosuodattimia.
4. Käsittely mahdollisimman suljetusti, vältettävä avonaisia astioita
5. Mikäli tynnyrit eivät ole pystyasennossa, on varmistettava että öljy ei pääse  
valumaan ympäristöön esim. vuotoaltaalla.

Öljyn varastointi	Päiväys: 20.10.2014 Versio: 1	Sivu 4
-------------------	----------------------------------	--------



 <b>AGNICO EAGLE</b>	<b>Vastuullisen kaivostoiminnan hallintajärjestelmä</b>
	<b>Kunnossapidon ohjeistus</b>
	<b>Voiteluaineen varastointi</b>

## MUUTOSLOKI

Versio	Päiväys	Muutos
1.0	26.9.2014	Alkuperäinen ohje / Alex Aalto
1.1	8.10.2014	Fonttikorjaus / Alex Aalto

Öljyn varastointi	Päiväys: 20.10.2014 Versio: 1	Sivu 5
-------------------	----------------------------------	--------

## Öllyjen laitelista

Näyte #	Murskaamo 5130	Kuvaus	JDE numero	Öljyilaatu	Kapasiteetti	valmistaja	Malli/Tyyppi
22	hydrauliassa	Hydraulikonkko	5130-8B901	neste 32 super	250	Rammer	Inbm60/12
23	vainutusöjtin	Hydraulikonkko	5130-FED06	neste 46 SUPER	800L + 2l/m	Metso	C135
21	Leikkauksen hyd- yksikö	Hydraulikonkko	5130-CR001	neste 32 super	40L	Metco minerals	ha 18
28	hydrauliassa 2	Hydraulikonkko	5130-8B902	neste 32 super	160L	sandvik	100 CCW 45
24	Välilijetimen hihnamagneetti	Maunntaja	5130-MAG02	Snell Diala	1112	Martemag	PH137B
25	murskauksen malmin kuljetin	Vaihdelaatiko	5130-COM01	neste s 220 EP	79L	SEW	FH127
25	"Vitoskuljetin"	Vaihdelaatiko	5130-COM05	neste s 220 EP	45L	SEW	XKA160T
26	"autoskuljetin"	vaihdelaatiko	5130-COM06	neste s 220 EP	54L	SEW	
	Myly 5140	Kuvaus	JDE numero	Öljyilaatu	Kapasiteetti	Valmistaja	Malli/Tyyppi
1	Mylyn päämoottorin voitelu yks.	voitelu yksikkö	5140-PQ06	neste 46 super	52 L (sallio 20L)	Tunturition	a1-20680
2	Mylin laakerien voiteluyksikkö	Voitelu yksikkö	5140-LU803	neste 460 ep	2500L	Hytec	52000954
3	Mylyn vaihteelaation voiteluyks.	Voitelu yksikkö	5140-LU801	neste s 220 EP	1500L	Movientas	D20F150
	Mylyn päänvaihtide	Vaihdelaatikko	5140-TRM01	neste s 220 EP	91	Movientas	D4P5F60
	"pikakumylm" laakerivoiteluyksikkö	Vaihdelaatikko	5140-IDM01	neste 320EP	n.2000 L	Hydx	
	"pikakumylm" vaihteelaation voiteluyksikkö	voiteluyksikkö	5140-LU804	neste 460 EP	125L	Hydx	
	Vaahdotussalve 5152	Kuvaus	JDE numero	Öljyilaatu	Kapasiteetti	Valmistaja	Malli/Tyyppi
	Rikasteen varastointiin sekoitin	Hydraulikonkko	5152-AG101			Hansen pa	OVP03
	Rikastevarastointii 2 sekoitin	Hydraulikonkko	5152-AG103		70L	Kunera	Cumpact 3400-80
37	Vaahtoitusjärjestelmän 2 mekaanisni	Hydraulikonkko	5152-TRM02	neste hydrauliili super 68	160L	Hytec	
	Vaahtiutusjärjestelmän 2 mekaanisni	Hydraulikonkko	5152-TRM05				
19	Rikastesekoittain	Hydraulikonkko	5152-TRM03	neste hydrauliili super 68	160L	Hytec	
	Rikastesekoittain 2	Hydraulikonkko	5152-TRM01				
	Autoklaavin alue 5163	Kuvaus	JDE numero	Öljyilaatu	Kapasiteetti	Valmistaja	Malli/Tyyppi
4	Autoklaavi syöttöpumpun 1 GERHO	Hydraulikonkko	5163-PSI03	Shell Iris Fluid C	260 L	Weir	Gelho ZPM 600
6	Autoklaavi syöttöpumpun 2 GERHO	Hydraulikonkko	5163-PSI04	Shell iris fluid C	260 L	Weir	Gelho ZPM 600
5	Autoklaavin syöttöpumpun 1 loota	Vaihdelaatiko	5163-	neste 320 EP	45 L	Weir	Gelho ZPM 600
7	Autoklaavin syöttöpumpun 2 lootta	Vaihdelaatiko	5163-	neste 320 EP	45L	Weir	Gelho ZPM 600
8	Autoklaavin sekoitusemekanismi 1	Vaihdelaatiko	5163-AG104	neste 320 EP	45L	Lighning	g8RL
9	Autoklaavin sekoitusemekanismi 2	Vaihdelaatiko	5163-AG105	neste 320 EP	45L	Lighning	g8RL
10	Autoklaavin sekoitusemekanismi 3	Vaihdelaatiko	5163-AG106	neste 320 EP	45L	Lighning	g8RL
11	Autoklaavin sekoitusemekanismi 4	Vaihdelaatiko	5163-AG107	neste 320 EP	45L	Lighning	g8RL
12	Autoklaavin sekoitusemekanismi 5	Vaihdelaatiko	5163-AG108	neste 320 EP	45L	Lighning	g8RL
13	Autoklaavin sekoitusemekanismi 6	Vaihdelaatiko	5163-AG109	neste 320 EP	45L	Lighning	g8RL
18	Rikastesekoittain 3	Hydraulikonkko	5163-TRM01	neste 68 super	160L	Hytec	
	CIL Alue 5170	Kuvaus	JDE numero	Öljyilaatu	Kapasiteetti	Valmistaja	Malli/Tyyppi
14	CCD 1 säleuttin 21.3	Hydraulikonkko	5170-TRM01	Neste hydraulii super 68	160 L	Hytec	
15	CCD 2 säleuttin 21.3	Hydraulikonkko	5170-TRM02	Neste hydraulii super 68	160 L	Hytec	
16	CCD 3 12.2	Hydraulikonkko	5170-TRM04	Neste hydraulii super 68	160 L	Hytec	
	Pastalaatos 5190	Kuvaus	JDE numero	Öljyilaatu	Kapasiteetti	Valmistaja	Malli/Tyyppi
27	Siuru vasaantottoosioon sekoitin	Vaihdelaatiko	5190-AG101	neste vaihteisto 220 EP	72	Kunera	Cumpact
20	Päävaihde	Vaihdelaatiko	5190-HY002	shell teelus t46	2000		
				neste s 220 EP	207.7		

## Voiteluaineiden raja-arvot

## Liite 4 1(5)

<b>Neste 32 Super</b>	<b>Parametri</b>	<b>keskimäärin uusi öljy</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Tyydyttävä</b>	<b>Huono</b>
Happoluku	mgKOH/mg	0,6	x1	x2	x5
Viskositeetti	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	32	32	30-35	< 30 / >35
Vesipitoisuus	ppm	< 500	< 50	< 100	> 100
Antioksidanttipitoisuus	ppm	x	> 3000	> 2000	< 2000
Gravimetrinen 0,8 µ membran	mg/100 ml	> 1,0	< 0,5	< 1,0	> 2,0
Partikkelit	ISO 4406:1999	> 18/16/13	< 17/15/12	< 18/16/13	> 18/16/13
Ilman erottumiskyky	min	x	< 3	< 5	> 8
Fosfori (lisäaine), P	ppm	360	≤ 100 % alkup.	> 50 % alkup.	< 50 % alkup.
Sinkki (lisäaine), Zn	ppm	440	≤ 100 % alkup.	< 50 % alkup.	< 25 % alkup.
Kalsium (lisäaine), Ca	ppm	1 -38	0	< 1	> 1

## Liite 4 2(5)

<b>Neste 46 Super</b>	<b>Parametri</b>	<b>keskimääri n uusi öljy</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Tyydyttävä</b>	<b>Huono</b>
Happoluku	mgKOH/mg	0,6	x1	x2	x5
Viskositeetti	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	46	46	43-49	< 43 / > 49
Vesipitoisuus	ppm	< 500	< 50	< 100	> 100
Antioksidanttipitoisuus	ppm	x	> 3000	> 2000	< 2000
Gravimetrinen 0,8 µ membran	mg/100 ml	> 1,0	< 0,5	< 1,0	> 2,0
Partikkelit	ISO 4406:1999	> 18/16/13	< 17/15/12	< 18/16/13	> 18/16/13
Ilman erottumiskyky	min	x	< 3	< 5	> 8
Fosfori (lisäaine), P	ppm	360	≤ 100 % alkup.	> 50 % alkup.	< 50 % alkup.
Sinkki (lisäaine), Zn	ppm	440	≤ 100 % alkup.	< 50 % alkup.	< 25 % alkup.
Kalsium (lisäaine), Ca	ppm	1 -38	0	< 1	> 1

## Liite 4 3(5)

<b>Neste 68 Super</b>	<b>Parametri</b>	<b>keskimäärin uusi öljy</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Tyydyttävä</b>	<b>Huono</b>
Happoluku	mgKOH/mg	0,6	x1	x2	x5
Viskositeetti	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	68	68	65-71	< 65 / > 71
Vesipitoisuus	ppm	< 500	< 50	< 100	> 100
Antioksidanttipitoisuus	ppm	x	> 3000	> 2000	< 2000
Gravimetrinen 0,8 µ membran	mg/100 ml	> 1,0	< 0,5	< 1,0	> 2,0
Partikkelit	ISO 4406:1999	> 18/16/13	< 17/15/12	< 18/16/13	> 18/16/13
Ilman erottumiskyky	min	x	< 3	< 5	> 8
Fosfori (lisäaine), P	ppm	360	≤ 100 % alkup.	> 50 % alkup.	< 50 % alkup.
Sinkki (lisäaine), Zn	ppm	440	≤ 100 % alkup.	< 50 % alkup.	< 25 % alkup.
Kalsium (lisäaine), Ca	ppm	1 -38	0	< 1	> 1

## Liite 4 4(5)

<b>Neste 220 EP</b>	<b>Parametri</b>	<b>keskimäärin uusi öljy</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Tyydyttävä</b>	<b>Huono</b>
Happoluku	mgKOH/mg	0,8	x1	x2	x5
Viskositeetti	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	220	220	200-240	< 200 / > 240
Vesipitoisuus	ppm	< 500	< 50	< 100	> 100
Antioksidanttipitoisuus	ppm	x	> 3000	> 2000	< 2000
Gravimetrinen 0,8 µ membran	mg/100 ml	> 1,0	< 0,5	< 1,0	> 2,0
Partikkelit	ISO 4406:1999	> 18/16/13	< 18/16/13	< 18/16/13	> 18/16/13
Ilman erottumiskyky	min	x	< 5	< 10	> 10
Fosfori (lisäaine), P	ppm	240	≤ 100 % alkup.	> 50 % alkup.	< 50 % alkup.
Sinkki (lisäaine), Zn	ppm	1 - 14	0	< 14	> 14
Kalsium (lisäaine), Ca	ppm	1 - 27	0	< 1	> 1

<b>Neste 320 EP</b>	<b>Parametri</b>	<b>keskimäärin uusi öljy</b>	<b>Hyvä</b>	<b>Tyydyttävä</b>	<b>Huono</b>
Happoluku	mgKOH/mg	0,8	x1	x2	x5
Viskositeetti	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	320	320	290-350	< 290 / > 350
Vesipitoisuus	ppm	< 500	< 50	< 100	> 100
Antioksidanttipitoisuus	ppm	x	> 3000	> 2000	< 2000
Gravimetrinen 0,8 µ membran	mg/100 ml	> 1,0	< 0,5	< 1,0	> 2,0
Partikkelit	ISO 4406:1999	> 18/16/13	< 18/16/13	< 18/16/13	> 18/16/13
Ilman erottumiskyky	min	x	< 5	< 10	> 10
Fosfori (lisäaine), P	ppm	240	≤ 100 % alkup.	> 50 % alkup.	< 50 % alkup.
Sinkki (lisäaine), Zn	ppm	1 - 14	0	< 14	> 14
Kalsium (lisäaine), Ca	ppm	1 -27	0	< 1	> 1